

**FORSKNINGSRAPPORTER
FRÅN
HUSÖ BIOLOGISKA STATION**

No 122 (2009)



Katri Aarnio

***Kvalitetsfaktorer för EU:s vattendirektiv i kustområden: bottenfauna. Jämförelse
av olika sållstorlek och provtagningsdesign i beskrivandet av
bottenfaunasamhällen***

*(Quality elements for EU Water Frame Directive in coastal areas: zoobenthos. Comparing
different sieve sizes and sampling designs in characterizing the zoobenthic assemblages)*

Åbo Akademi

I publikationsserien **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** rapporteras forskning utförd i anknytning till Husö biologiska station. Serien utgör en fortsättning på serierna **Husö biologiska station Meddelanden** och **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Utgivare är Husö biologiska station, Åbo Akademi. Författarna svarar själva för innehållet. Förfrågningar angående serien riktas till stationen under adress: Bergövägen 713, AX-22220 Emkarby; telefon: 018-37310; telefax: 018-37244; e-post huso@abo.fi. (Även: Åbo Akademi, Miljö- och marinbiologi, BioCity, Artillerigatan 6, 20520 Åbo).

The series **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** contains scientific results and processed data from research activities of Husö biological station, Biology, Åbo Akademi University. The authors have full responsibility for the contents of each issue. The series is a sequel to the publications **Husö biologiska station Meddelanden** and **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Inquiries should be addressed to Husö biological station, Åbo Akademi University. Address: Bergövägen 713, AX-22220 Emkarby, Finland; phone: +358-18-37310; telefax: +358-18-37244; e-mail: huso@abo.fi (Also Åbo Akademi University, Environmental and Marinebiology, Artillerigatan 6, FIN-20520 Turku, Finland)

Redaktör/Editor: Åsa Hägg

Uniprint – Åbo 2009

ISBN: 978-952-12-2246-7 (pdf)
ISSN: 0787-5460

Kvalitetsfaktorer för EU:s vattendirektiv i kustområden: bottenfauna. Jämförelse av olika sållstorlek och provtagningsdesign i beskrivandet av bottenfaunasamhällen

*(Quality elements for EU Water Frame Directive in coastal areas: zoobenthos.
Comparing different sieve sizes and sampling designs in characterizing the zoobenthic
assemblages)*

Katri Aarnio

Husö biologiska station, Marin- och miljöbiologi, Åbo Akademi
22220 Emkarby, Åland, Finland

Abstract

EU Water Frame Directive states that all coastal water bodies have to achieve good ecological status by the year 2015. The purpose of this study was to compare the usability of different methods and sampling strategies in characterizing the zoobenthic assemblages for classification of water areas. On one hand, it was studied what effect different mesh sizes (0.5 mm and 1.0 mm) had on the results, and on the other hand, how different sampling strategies (replicate samples vs single samples) affected the results.

Zoobenthos was sampled from three different archipelago areas in the Åland Islands: Färjsundet (inner archipelago), NW-Åland (middle archipelago) and Eckerö (outer archipelago). Results were analysed separately for shallow (< 10 m) and deep (>10 m) bottoms. The results showed that different mesh sizes had significant effects on the number of species, abundance, and biomass of the zoobenthos, on both shallow and deep bottoms and in all investigated areas. Many small species and juveniles of e.g. Macoma balthica were lost when using a 1.0 mm sieve. The brackish benthic index, BBI, was also affected by mesh sizes and the ecological status was higher with the 0.5 mm sieve compared with 1.0 mm sieve on several stations. Different sampling designs had no effect on the results, and the number of species, abundance, biomass and BBI were similar when using single sample design respective replicate sample design. With respect to classification of water bodies using zoobenthos, the 1.0 mm sieve may be recommended, as it is less time consuming and more effective than using the 0.5 mm sieve. But in normal monitoring studies, the 0.5 mm sieve should be used, as important information on population structure of e.g. M. balthica is lost using the 1.0 mm sieve, and also many small species are lost. Single sample design cannot be recommended as it can lead to an overestimation of the ecological status.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	1
2. UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN	1
2.1. FÄRJSUNDET	3
2.2. NORDVÄSTRA ÅLAND.....	5
2.3. ECKERÖ	7
3. METODIK	9
3.1. HYDROGRAFI	9
3.2. SEDIMENT	10
3.3. BOTTENFAUNA.....	10
3.3.1. Sällstorlekens inverkan på resultatet.....	10
3.3.2. Provtagningsdesignens inverkan på resultatet.....	10
3.4. STATISTISK OCH NUMERISK ANALYS.....	11
4. RESULTAT.....	12
4.1. HYDROGRAFI	12
4.2. SEDIMENT OCH BOTTENFAUNA	14
4.2.1. Sedimentkvaliteten och organisk halt.....	14
4.2.2. Sällstorlekens inverkan på resultatet.....	15
1. Färjsundet	15
2. Nordvästra Åland.....	18
3. Eckerö.....	21
4.2.3. Jämförelse av strategi: singelhugg vs. replikata hugg	27
1. Färjsundet	27
2. Nordvästra Åland.....	29
3. Eckerö.....	32
4.2.4. <i>Macoma balthica</i>	38
Replikata stationer	38
Provtagningsstrategi.....	39
4.2.5. <i>Monoporeia affinis</i>	40
5. SAMMANFATTNING AV RESULTATEN	41
6. DISKUSSION.....	41
7. KÄLLOR.....	43

1. Inledning

Enligt EU:s Vattenramdirektiv (2000/60/EG) skall alla vattenområden i Europa vara i god ekologisk status senast år 2015. För tillfället pågår typindelning och klassificering av vattenområden, och i synnerhet definieringen av klassgränsen mellan måttlig och god status är ännu under arbete. Parametrar som används för klassificeringen är hydrografiska data, makrofauna, makrofyter och fisk (se SÖDERSTRÖM (2008) för en mera detaljerad beskrivning). Denna undersökning utfördes sommaren 2007 inom ramen för Husö biologiska stations forskningssamarbete med Ålands landskapsregering. Syftet med arbetet var att i olika skärgårdstyper jämföra användbarheten av olika metoder och strategier i beskrivandet av bottenfaunasamhällena, samt att testa den klassificeringsmetod som föreslagits av PERUS et al. (2007). Traditionellt har man i Finland undersökt bottenfaunan genom att ta 3-5 replikata bottenprov från varje station och sållat dem genom ett 0,5 mm såll. Utöver den traditionella metoden undersökte vi bottenfaunan även genom att använda ett 1,0 mm såll och genom att sprida ut de replikata huggen över ett större vattenområde. För att beskriva bottenfaunasamhällenas ekologiska status användes ett så kallat. BBI-index (Brackish Benthic Index; PERUS et al. 2007), som är en modifiering av BQI-index (Benthic quality index; BLOMQVIST et al. 2006) men tar i beaktande de naturligt artfattiga förhållandena i Östersjön. Bottenfaunan i den åländska skärgården har undersökts tidigare av bl.a. HELMINEN 1974, WESTERBERG 1978, ERIKSSON & LEPPÄKOSKI 1983, BLOMQVIST & BONSDORFF 1986, BONSDORFF 1988, SANDBERG et al. 1989, SUOMALAINEN 1989, BONSDORFF et al. 1990, 1991, 1997 a,b, NORKKO & BONSDORFF 1994, WISTBACKA 1994, ÖSTMAN & BLOMQVIST 1997, PERUS et al. 2001, VILLNÄS 2004 och NYGÅRD 2007. Det praktiska arbetet i fält och laboratorium utfördes av fil. stud. Camilla Hellman med hjälp av stationens praktikanter. FM Noora Mustamäki hjälpte till med bottenprovanalyserna.

2. Undersökningsområden

Bottenfaunaundersökningen gjordes i tre olika områden i den åländska skärgården: Färjsundet, NW-Ålands skärgård och Eckerö (Fig. 1). Områdena valdes så att undersökningen skulle innefatta områden i skyddad innerskärgård, mellanskärgård och exponerad ytterskärgård. Utöver exponeringsgraden representerar områden även olika grader av mänsklig påverkan. Bottentypen ändrar med exponeringsgrad och kan i stora drag delas in i sand/grusdominerade exponerade bottenar och ler/gyttjedominerade skyddade bottenar. Områdena har studerats tidigare angående vattenkvalitet, bottenfauna, fisk och vegetation av bl.a. HELMINEN (1974), SANDBERG et al. (1989), BACKLUND (1993, 1994), WISTBACKA (1994) och PERUS et al. (2001).

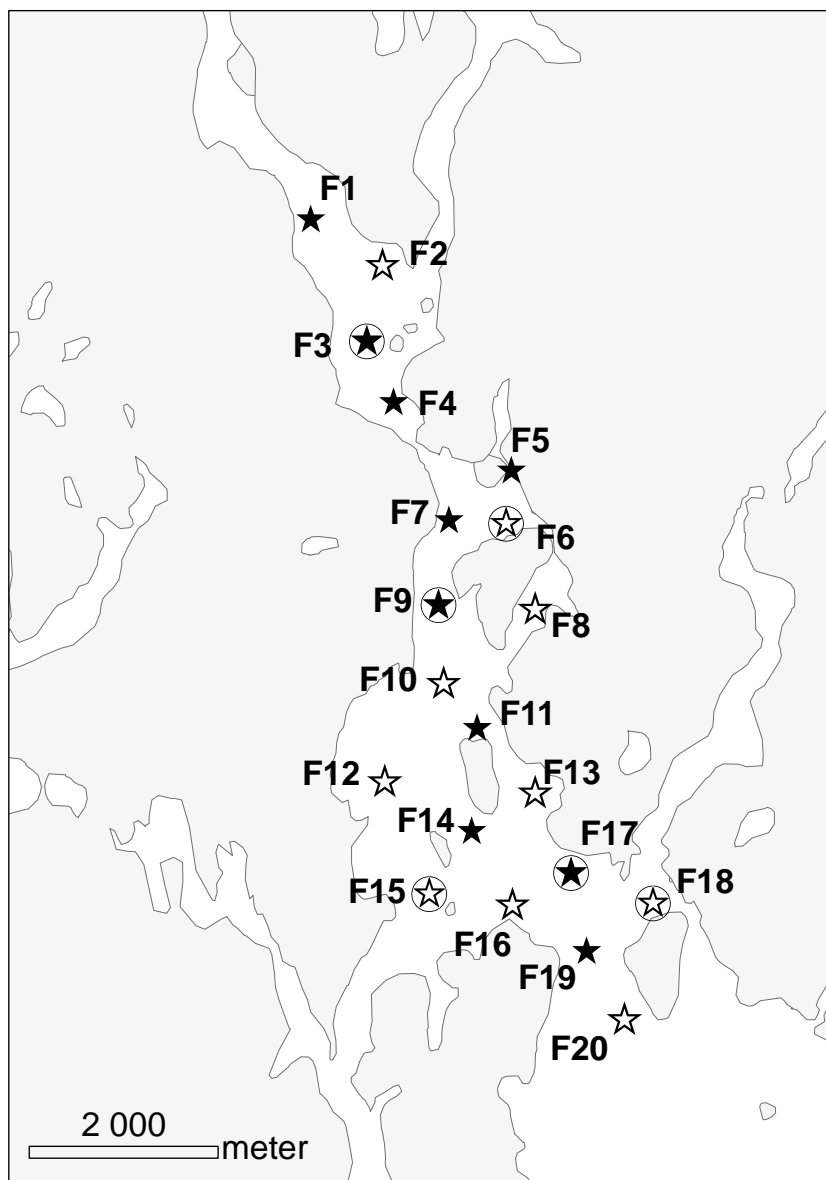


Figur 1. De tre undersökningsområdena på Åland: Färjsundet (1), NW Åland (2), Eckerö (3).

Figure 1. The three study areas on Åland Islands: Färjsundet (1), NW Åland (2), Eckerö (3).

2.1. Färjsundet

Färjsundet är ett viksystem som utgår från Lumparn i nordvästlig riktning. Viksystemet karaktäriseras av en djupränna (16-20 m), som går vidare in i den västra Ödkarbyviken och i den östra Saltviksfjärden. I den västra viken finns en tröskel på ca 2 m, medan djupet i den östra viken avtar utan någon egentlig tröskel. Själva Lumparn söder om viksystemet har ett relativt jämnt djup på 17-20 m, med djupare partier i den sydöstra och östra delen (> 30 m) (HELMINEN 1974). Området är klassificerat som innerskärgård och är det mest kulturopåverkade av de tre undersökningsområdena. Invid viksystemet finns Ålands största odlingsmarker, samt kreaturskötsel, bosättning och industri. Provpunkterna i denna undersökning var placerade i området från västra sidan av Tingö norrut till mynningen av Ödkarbyviken. Djupgradienten i detta område är från 5-19 m. Provpunkterna hör till vattenförekomsterna 26 (Färjsundet norra) och 27 (Kornäsfjärden) (SÖDERSTRÖM 2008). Provpunkternas placering kan ses i figur 2 och koordinaterna i tabell 1.



Figur 2. Färjsundsområdet med provpunkternas placering utmärkta.

⊛ = replikata stationer, (5 hugg/station) grunda, ⊛ = replikata stationer, djupa, ☆ = singelstationer, (1 hugg/station) grunda, ★ = singelstationer, djupa

Figure 2. The Färjsundet area with sampling locations.

⊛ = replicate stations, (5 samples/station) shallow, ⊛ = replicate stations, deep, ☆ = singel stations, (1 sample/station) shallow, ★ = singel stations, deep

Tabell 1. Färjsundets provtagningsstationer. I tabellen anges vilken strategi stationerna tillhör (singel = 1 hugg, replikat = 5 hugg) GPS-koordinater, djup, sedimenttyp och sedimentets organiska halt (o.h. %) vid provtagningsstillfället. Sedimenttyp: L=lera, Y=gyttja, S=sand, G=grus.

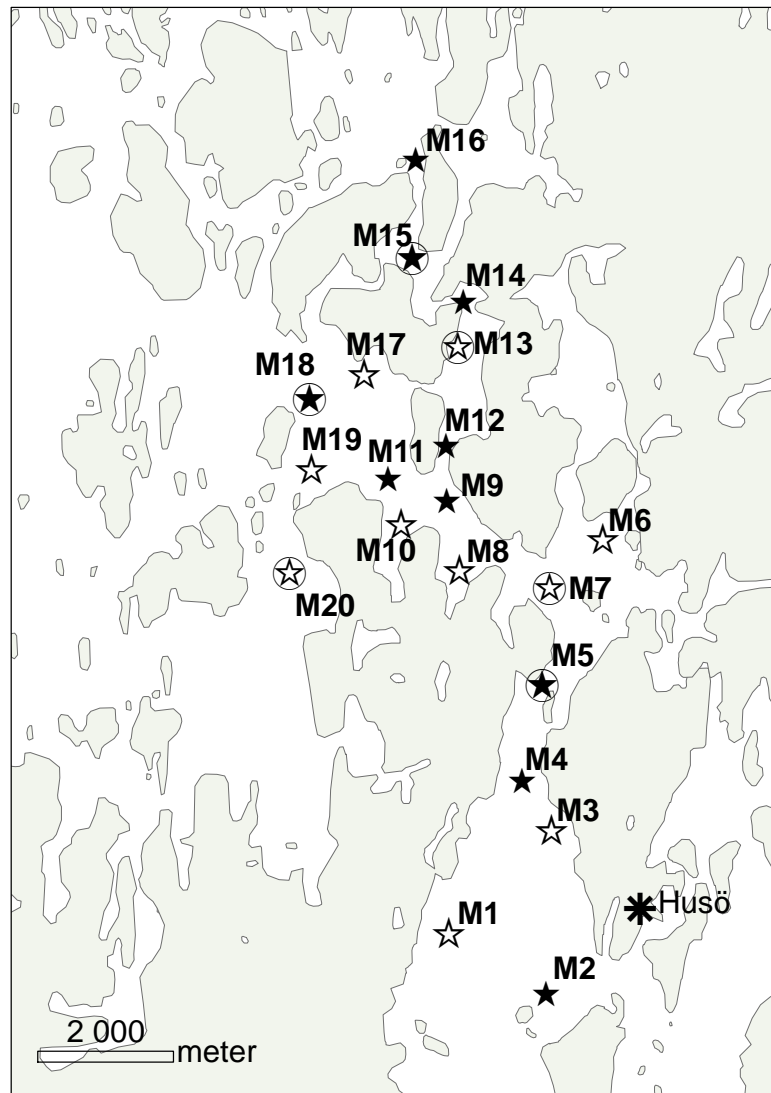
Table 1. Sampling stations in Färjsundet. Sampling strategy, position, depth, type of sediment and organic content (%) of the sediment. Sediment type: L=clay, Y=mud, S=sand, G=gravel.

Station	Strategi	Koordinater		Djup	Sedimenttyp	O.h. %
F1	Singel	60°15,88'	19°59,29'	12	YL	7,2
F2	Singel	60°15,16'	20°00,35'	7	YL	4,47
F3	Replikat	60°14,87'	20°00,29'	18	YL	7,63
F4	Singel	60°14,46'	20°00,81'	14	YL	6,74
F5	Singel	60°14,01'	20°01,99'	12,5	Y	8,56
F6	Replikat	60°13,73'	20°01,70'	7	YL	5,26
F7	Singel	60°13,76'	20°01,41'	19	YL	6,81
F8	Singel	60°13,21'	20°02,12'	8	L	6,16
F9	Replikat	60°13,28'	20°01,12'	15,5	LY	7,2
F10	Singel	60°12,80'	20°01,10'	7	LY	5,1
F11	Singel	60°12,53'	20°01,27'	16	Y	7,26
F12	Singel	60°12,39'	20°00,48'	5	L	4,7
F13	Singel	60°12,39'	20°02,09'	6	L	3,85
F14	Singel	60°11,90'	20°01,69'	12	YL	5,33
F15	Replikat	60°11,71'	20°01,02'	6,5	L	4,4
F16	Singel	60°11,10'	20°02,02'	6,5	L	4,53
F17	Replikat	60°11,81'	20°02,86'	14	YL	5,66
F18	Replikat	60°11,56'	20°03,59'	6	LY	2,7
F19	Singel	60°11,30'	20°03,01'	12,5	Y	6,42
F20	Singel	60°11,00'	20°03,35'	9	LG	2,76

2.2. Nordvästra Åland

Undersökningsområdet i nordvästra Åland sträcker sig från Ivarskärsfjärden i söder till Andersöfjärden i väster och Snäcköfjärden i norr. Ivarsskärsfjärden är ca 5-10 m djup, med större djup i den norra delen, maximalt ca 30 m. I Snäcköfjärden varierar maximidjupet mellan 11-15 m, medan medeldjupet ligger på ca 7 m. I Andersöfjärden varierar djupet mellan 8 och 15 m. Mellan Ivarsskärsfjärden och Snäcköfjärden finns en tröskel på ca 5 m, och mellan Skarpnåtö och Andersö finns en tröskel på 5-8 m (HELMINEN 1974). Området är klassat som mellanskärgård och är något påverkad av mänsklig aktivitet. Vid Andersö har en fiskodling varit verksam mellan åren 1986 och 2002. Övrig mänsklig påverkan på området är liten, men till området sker endel avrinning från jordbruk. Provpunkterna var placerade i området från

Ivarsskärsfjärdens mellersta del till Isaksö i norr, och Gumholm i väster. Provpunkterna hör till vattenförekomsterna 11 (Andersöfjärden), 12 (Snäcköfjärden), 17 (Pantsarnäsfjärden) och 18 (Ivarsskärsfjärden) (SÖDERSTRÖM 2008). Provpunkternas placering kan ses i figur 3, och koordinaterna i tabell 2.



Figur 3. NW-Åland med provpunkternas placering utmärkta.

⊛ = replikata stationer, grunda, ⊛ = replikata stationer, djupa, ☆ = singelstationer, grunda, ★ = singelstationer, djupa

Figure 3 The NW-Åland area with sampling locations.

⊛ = replicate stations, shallow, ⊛ = replicate stations, deep, ☆ = singel stations, shallow, ★ = singel stations, deep

Tabell 2. NV Ålands provtagningsstationer. I tabellen anges vilken strategi stationerna tillhör (singel = 1 hugg, replikat = 5 hugg) GPS-koordinater, djup, sedimenttyp och sedimentets organiska halt (o.h. %) vid provtagningsstillfället. Sedimenttyp: L=lera, Y=gyttja, S=sand, G=grus.

Table 2. Sampling stations in NW Åland. Sampling strategy, position, depth, type of sediment and organic content (%) of the sediment. Sediment type: L=clay, Y=mud, S=sand, G=gravel.

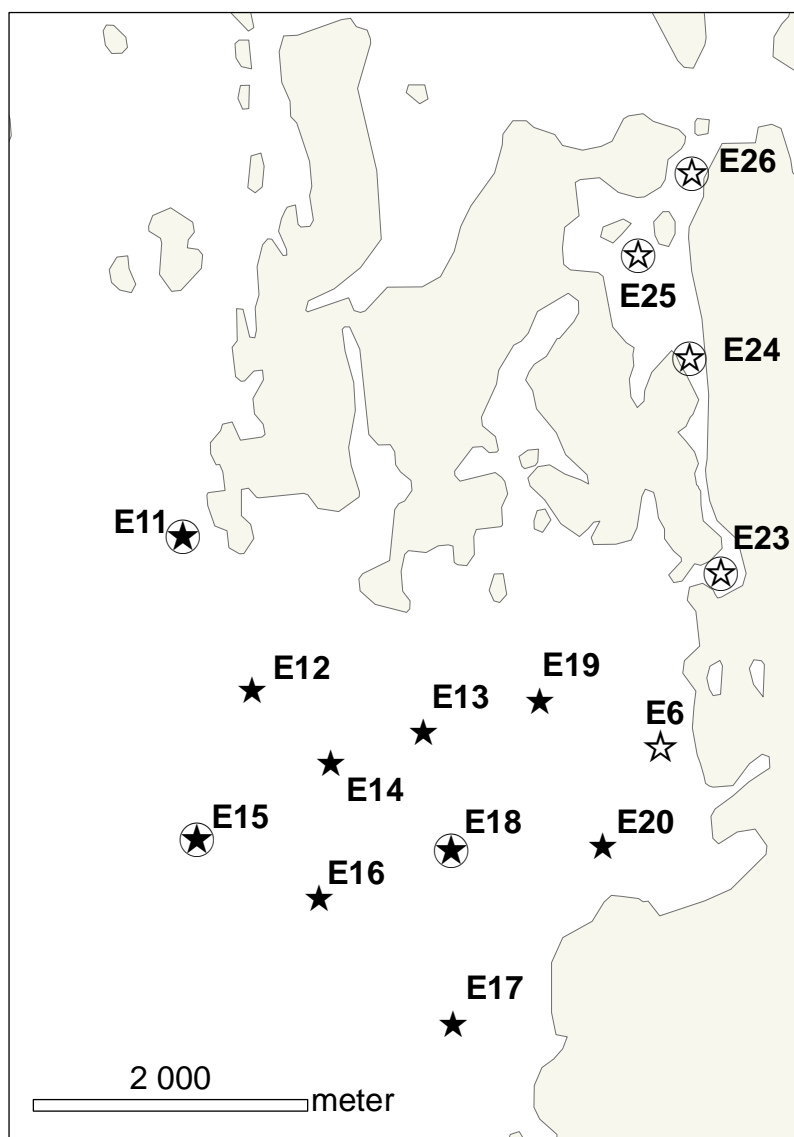
Station	Strategi	Koordinater		Djup	Sedimenttyp	O.h. %
M1	Singel	60°16,88'	19°46,98'	6,5	YL	7,18
M2	Singel	60°16,17'	19°48,58'	10,5	YL	7,01
M3	Singel	60°17,27'	19°48,62'	7	L	5,72
M4	Singel	60°17,70'	19°48,21'	27	L	8,61
M5	Replikat	60°18,69'	19°48,34'	11,5	L	3,86
M6	Singel	60°19,55'	19°49,22'	6	Y	5,88
M7	Replikat	60°19,52'	19°48,24'	9	L	4,84
M8	Singel	60°19,61'	19°46,92'	7	L	7,74
M9	Singel	60°19,95'	19°46,99'	14,5	L	5,97
M10	Singel	60°19,81'	19°46,02'	5,5	LS	2,96
M11	Singel	60°20,24'	19°45,87'	11,5	LG	2,24
M12	Singel	60°20,52'	19°46,79'	15	L	9,21
M13	Replikat	60°21,13'	19°46,79'	8,5	YL	3,92
M14	Singel	60°21,43'	19°47,19'	11	YL	6,55
M15	Replikat	60°21,79'	19°46,13'	12	YL	8,18
M16	Singel	60°20,79'	19°46,10'	20	YL	8,13
M17	Singel	60°20,98'	19°45,35'	3,5	LS	0,88
M18	Replikat	60°20,66'	19°44,47'	13	LS	2,8
M19	Singel	60°20,31'	19°44,76'	6	LSG	2,09
M20	Replikat	60°19,54'	19°44,43'	8,5	YL	6,97

2.3. Eckerö

Undersökningsområdet i Eckerö täcker dels det öppna vattnet utanför Berghamn, dels Käringsundet som är beläget mellan Eckerö-landet och Främstö-Mellanö. Djupet i Käringsund varierar mellan 6 och 9 m. I fjärden mellan Käringsund och Signilskär är djupet 10-30 m (HELMINEN 1974). Hela undersökningsområdet är klassat som ytterskärgård, och är kraftigt exponerat förutom själva Käringsundsgränsen. Området klassas som opåverkat.

Antalet provpunkter i Eckerö är färre till antal än i de två andra undersökningsområdena, detta p.g.a. att provtagningen på de bottnar som var grundare än 10 meter misslyckades i de yttre delarna. Sedimentet

på de grundare bottarna bestod (på de platser där vi försökte ta prov) av grus, stora stenar eller berg vilket gjorde provtagningen omöjlig. Provpunkterna var placerade invid och norrom Käringsund, samt västerut från Berghamn. Provpunkternas placering kan ses i figur 4, och koordinaterna i tabell 3.



Figur 4. Eckerö med provpunkternas placering utmärkta.

⊛ = replikata stationer, grunda, ⊛ = replikata stationer, djupa, ☆ = singelstationer, grunda, ★ = singelstationer, djupa

Figure 4. The Eckerö area with sampling locations.

⊛ = replicate stations, shallow, ⊛ = replicate stations, deep, ☆ = singel stations, shallow, ★ = singel stations, deep

Tabell 3. Eckerös provtagningsstationer. I tabellen anges vilken strategi stationerna tillhör (singel = 1 hugg, replikat = 5 hugg) GPS-koordinater, djup, sedimenttyp och sedimentets organiska halt (o.h. %) vid provtagningsstillfället. Sedimenttyp: L=lera, Y=gyttja, S=sand, G=grus.

Table 3. Sampling stations in Eckerö. Sampling strategy, position, depth, type of sediment and organic content (%) of the sediment. Sediment type: L=clay, Y=mud, S=sand, G=gravel.

Station	Strategi	Koordinater	Djup	Sedimenttyp	O.h. %
E6	Singel	60°13,12' 19°32,08'	4	SG	0,41
E11	Replikat	60°14,17' 19°28,24'	19,5	S	1,01
E12	Singel	60°13,84' 19°28,48'	16	LS	0,71
E13	Singel	60°13,51' 19°29,63'	14,5	S	0,7
E14	Singel	60°13,52' 19°29,07'	15	S	0,7
E15	Replikat	60°13,14' 19°29,33'	25	LS	3,85
E16	Singel	60°13,12' 19°28,97'	26	LS	2,56
E17	Singel	60°12,59' 19°29,59'	23	LS	3,23
E18	Replikat	60°12,99' 19°30,32'	14,5	LS	1,06
E19	Singel	60°13,48' 19°31,06'	15	S	1,57
E20	Singel	60°12,87' 19°31,71'	16	LS	3,77
E23	Replikat	60°14,12' 19°32,35'	4,5	LS	8,05
E24	Replikat	60°14,87' 19°32,08'	7	YL	10,68
E25	Replikat	60°15,18' 19°31,84'	7	YL	9,92
E26	Replikat	60°15,63' 19°31,84'	6,5	SL	2,5

3. Metodik

Provtagningarna utfördes år 2007: i NW-Åland under 14-21.8, i Eckerö 23-24.8 och 7.9 samt i Färjsundet 4-5.9.

3.1. Hydrografi

Temperatur (°C), salinitet (‰) och pH mättes vid samtliga stationer för ytvattnet (1 m djup) och för bottenvattnet (1 m ovanför botten). Mätningarna gjordes i fält med hjälp av en YSI-63 portabel mätare. Vattenprov för syreanalys togs från bottenvattnet med en LIMNOS-vattenhämtare. Syrehalten bestämdes i laboratorium enligt Winkler-metoden (ANON, 1975) och omräknades till mg/l och mättnadsgrad i %. Siktdjupet bestämdes i fält med hjälp av en vit Secchiskiva (Ø 25 cm).

3.2. Sediment

Sedimentets kvalitet (lera (L), gyttja (Y), sand (S) och grus (G)) noterades i fält i samband med bottenfaunaprovtagningen. Från varje station togs ett sedimentprov för att bestämma den organiska halten i sedimentet. Sedimentproven torkades i 24 h i 100 °C och brändes därefter i 3 h i 500 °C och den organiska halten bestämdes genom mätning av glödningsförlusten.

3.3. Bottenfauna

Bottenfaunaproven togs med en Ekman-Birge bottenhämtare (17x17 cm; 289 cm²). Proven sållades genom ett 0,5 och/eller 1,0 mm såll beroende på undersökningens syfte (inverkan av olika sållstorlek eller inverkan av provtagningsstrategi; se nedan). Sållresterna konserverades i 70 % lösning av teknisk sprit och sorterades senare under preparationsmikroskop. Djuren bestämdes till artnivå i de fall det var möjligt, men t.ex. fjädermyggor (Chironomidae), tusensnäckor (Hydrobia) och glattmaskar (Oligochaeta) bestämdes till familj eller ordning. Djuren räknades och vägdes artvis/gruppvis. Längden på östersjömusslan, *Macoma balthica*, och vitmärla, *Monoporeia affinis*, mättes till närmaste millimeter med hjälp av ett mm-papper.

3.3.1. Sållstorlekens inverkan på resultatet

Proven där man studerade sållstorlekens inverkan på resultatet, sållades både genom ett 1,0 mm och 0,5 mm såll. Proven togs från sex stationer per område. Tre stationer var < 10 m och tre stationer var > 10 m djupa. I Eckerö var dock antalet grunda stationer fyra, och djupa tre. Proven togs i hinkar och sållades vid stationen med hjälp av sållbord och slang.

3.3.2. Provtagningsdesignens inverkan på resultatet

För att jämföra hur olika provtagningsdesign påverkar resultatet togs dels fem replikata hugg på varje station (på sex stationer per område), och dels togs ett enskilt hugg på 20 ställen som var utspridda över samma område (replikata huggen spreds över området). Hälften av stationerna var < 10 m och hälften > 10 m djupa. Dessa prov sållades genom 1 mm såll. Proven från enskilda hugg (singel strategi) sållades i fält, medan proven från replikata stationer (replikat strategi) sållades med hjälp av slang och sållbord på stationen. Proven från de replikata stationerna var samma prov som i undersökningen där sållstorlekens roll studerades (se kap. 3.3.1), så att det första hugget (sållat med 1,0 mm såll) från varje "replikat station" användes även till singel strategin.

3.4. Statistisk och numerisk analys

I resultaten anges artantal, abundans och biomassor för de olika stationerna som medelvärden per $m^2 \pm$ standardavvikelsen.

Inverkan av sållstorlek:

Bottenfaunans artantal, abundans och biomassa i 0,5 resp. 1,0 mm såll jämfördes för olika djup och stationer för varje delområde separat med hjälp av t-test (t-test för beroende prov eftersom samma hugg sållades igenom de båda sållen). Dessutom jämfördes inverkan av sållstorleken för alla delområden tillsammans med hjälp av en 2-vägs ANOVA, med sållstorlek (0,5 mm, 1 mm) och område (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) som faktorer.

Inverkan av provtagningsdesign:

Bottenfaunans artantal, abundans och biomassa tagna med olika design jämfördes med hjälp av t-test separat för olika djup och de olika delområdena. Dessutom jämfördes inverkan av designen för alla delområden tillsammans med hjälp av en 2-vägs ANOVA, med design (replik, singel) och område (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) som faktorer.

BBI:

Stationernas ekologiska status bestämdes med hjälp av indexet BBI (Brackish water Benthic Index) som har utvecklats speciellt för Finlands kustvatten. BBI indexet baserar sig på bottenfaunasamhällets struktur och diversitet. Indexet utgår från Benthic Quality Index (BQI), Shannon-Wieners diversitetsindex (H') med log 2-bas, bottenfaunans totalabundans (AB_{tot}) och artrikedom (S). Vid beräkningen jämförs stationernas BQI- och H' -värden med ett maximalt indexvärde för den specifika kustzonen (PERUS et al. 2007).

$$BBI = \frac{\left[\left(\frac{BQI}{BQI_{max}} \right) + \left(\frac{H'}{H'_{max}} \right) \right]}{2} * \frac{\left[\left(1 - \frac{1}{AB_{tot}} \right) + \left(1 - \frac{1}{S} \right) \right]}{2}$$

BBI-värdet för en station beräknas med hjälp av medeltalet för 4-5 hugg, och för de replikata stationerna har alltså ett BBI-värde per station räknats ut. För singelstationerna har dels ett BBI värde räknats ut genom att slå ihop alla hugg, och dels två BBI värden där huggen slagits ihop fem och fem. Vid sammanläggningen grupperades stationerna enligt hur nära de låg varandra så att stationer som låg nära varandra bildade en grupp. BBI räknades separat för grunda och djupa stationer.

4. Resultat

4.1. Hydrografi

Temperaturen i ytvattnet varierade mellan 16,1 och 16,8 °C i Färjsundet, 18,5 och 21,8 °C i NW-Åland, och mellan 13,6 och 18,7 °C i Eckerö. Att NW-Åland hade högsta temperaturer berodde på att det området provtogs först (14-21.8). Eckerö provtogs 23-24.8, samt några stationer 7.9. Färjsundet provtogs 4-5.9, då vattnet redan kylts ner något. Saliniteten i ytvattnet låg i Färjsundet på $5,6 \pm 0,1$ ‰ (varierade mellan 5,4-5,8) i NW-Åland på $5,5 \pm 0,2$ ‰ (5,1-5,7) och i Eckerö $5,6 \pm 0,1$ ‰ (5,5-5,7). Ytvattnets pH var i Färjsundet mellan 7,8 – 8,1 (i medeltal $7,9 \pm 0,1$), i NW-Åland mellan 8,1-8,4 ($8,3 \pm 0,1$), och i Eckerö mellan 8,1-8,5 ($8,3 \pm 0,2$).

Siktdjupet på lokalerna i innerskärgården (Färjsundet) varierade mellan 1,4 m och 2,8 m med ett medeltal på $2 \pm 0,4$ m. I nordvästra Åland, som definieras som mellanskärgård, låg siktdjupets medeltal på $2,1 \pm 1,1$ m, med ett maximum på 4,5 m och ett minimum på 1,2 m. Siktdjupet på stationerna i ytterskärgården (Eckerö) varierade mellan 3,4 m och 6 m, med ett medeltal på $4,9 \pm 0,7$ m.

Bottenvattnets fysikalisk-kemiska parametrar kan ses i tabell 4 (Färjsundet), tabell 5 (NW-Åland) och tabell 6 (Eckerö). I Färjsundet var temperaturen i medeltal $16,3 \pm 0,2$ °C, i NW-Åland $17,2 \pm 2,7$ °C, och i Eckerö $15,0 \pm 3,2$ °C. Saliniteten var i Färjsundet och NW-Åland $5,6 \pm 0,1$ ‰ och i Eckerö $5,7 \pm 0,2$ ‰. Bottenvattnets pH var $7,8 \pm 0,2$ i Färjsundet, $7,9 \pm 0,3$ i NW-Åland och $8,0 \pm 0,3$ i Eckerö. Syrehalterna var lägst i Färjsundet (i medeltal $8,3 \pm 0,9$ mg/l), och mättnadsgraden där var som lägst 57,1 % på station F7. I NW-Åland var syrehalten $9,4 \pm 1,2$ mg/l, men mättnadsgrader ner till 34 % konstaterades på station M5. I Eckerö var syrehalten $9,7 \pm 0,7$ mg/l, och syremättnaden var god i hela området.

Tabell 4. Siktdjupet, samt de fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet vid stationerna i Färjsundet.
 Table 4. Secchi depth and the physical and chemical characteristics of the bottom water at stations in Färjsundet.

Lokal	Siktdjup	Temp (C°)	pH	Sal. ‰	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)
F1	2,0	16,4	7,7	5,6	7,7	78,5
F2	1,6	16,5	7,8	5,6	7,9	80,7
F3	2,0	16,0	7,3	5,6	8,0	80,8
F4	1,4	16,5	7,7	5,6	7,3	74,3
F5	1,7	16,5	7,6	5,6	6,9	70,9
F6	1,8	16,6	7,8	5,6	8,0	81,7
F7	1,6	16,4	7,6	5,6	5,6	57,1
F8	2,0	16,6	7,9	5,6	8,6	88,1
F9	1,6	16,2	7,9	5,7	8,5	87,0
F10	1,8	16,2	8,0	5,7	8,8	89,8
F11	1,7	16,1	7,9	5,7	8,4	85,5
F12	1,8	16,3	8,0	5,6	8,7	89,0
F13	2,1	16,5	8,0	5,7	8,9	90,9
F14	2,3	16,2	7,7	5,7	8,8	89,3
F15	2,2	16,1	7,9	5,6	8,6	87,6
F16	2,0	16,2	8,0	5,6	8,9	90,3
F17	2,3	16,0	8,0	5,7	8,8	89,6
F18	2,4	16,0	8,1	5,7	9,0	90,9
F19	2,8	16,2	8,0	5,7	8,9	91,1
F20	2,7	16,2	8,0	5,7	8,9	91,1

Tabell 5. Siktdjupet, samt de fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet vid stationerna i NW-Åland.
 Table 5. Secchi depth and the physical and chemical characteristics of the bottom water at stations in NW-Åland

Lokal	Siktdjup	Temp (C°)	pH	Sal. ‰	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)
M1	1,5	20,0	7,9	5,3	9,5	105,0
M2	1,5	16,8	7,3	5,5	5,2	53,8
M3	1,5	20,4	8,1	5,3	9,5	105,5
M4	1,6	14,0	7,1	5,5	10,6	103,1
M5	1,6	17,7	7,8	5,6	8,0	34,0
M6	1,2	19,1	8,2	5,3	8,1	87,5
M7	1,2	18,2	8,0	5,7	8,7	92,4
M8	1,5	18,4	8,1	5,6	9,7	103,2
M9	1,4	16,6	7,7	5,7	9,2	94,1
M10	1,7	18,6	8,2	5,6	10,2	109,5
M11	3,2	16,2	7,6	5,7	10,8	110,5
M12	1,4	13,9	8,2	5,7	9,7	94,0
M13	1,7	18,5	8,1	5,6	9,6	102,1
M14	1,7	18,2	8,1	5,6	9,6	101,4
M15	1,8	17,0	8,0	5,6	8,9	92,5
M16	1,6	9,1	7,6	5,8	9,4	81,7
M17	2,8	20,7	8,3	5,6	10,7	118,9
M18	4,0	16,1	7,7	5,7	9,4	95,4
M19	4,5	19,6	8,3	5,7	10,7	117,0
M20	4,5	15,8	7,6	5,7	9,8	98,6

Tabell 6. Siktdjupet, samt de fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet vid stationerna i Eckerö.

Table 6. Secchi depth and the physical and chemical characteristics of the bottom water at stations in Eckerö

Lokal	Siktdjup	Temp (C°)	pH	Sal, ‰	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)
E6	4,0	18,5	8,4	5,5	10,6	113,6
E11	6,0	10,9	7,6	5,9	9,7	88,2
E12	5,0	17,4	8,3	5,5	10,4	108,7
E13	4,7	18,3	8,4	5,6	8,5	90,7
E14	5,3	16,9	8,1	5,5	9,8	101,8
E15	5,1	10,2	7,6	6,2	9,6	85,6
E16	4,4	9,9	7,8	6,0	9,9	87,1
E17	4,5	11,5	7,7	6,0	8,4	77,2
E18	4,4	18,5	8,4	5,5	10,6	113,4
E19	4,4	18,1	8,3	5,4	9,7	102,4
E20	4,3	18,0	8,3	5,5	10,4	110,4
E23	4,3	12,9	8,1	5,9	9,9	93,8
E24	3,2	14,6	7,3	5,6	9,6	94,3
E25	3,4	14,3	8,1	5,6	9,4	92,2
E26	4,4	14,4	8,1	5,6	9,4	92,4

4.2. Sediment och bottenfauna

4.2.1. Sedimentkvaliteten och organisk halt

I färjsundet bestod sedimenten främst av lera och ler-gyttje blandning. Den organiska halten var mellan 2,7 och 8,6 %, med de högsta halterna i norra delen av området (4,5-8,6 %) och de lägsta halterna invid mynningen till Lumparn (2,7 – 6,4 %). I NW-Åland bestod sedimenten främst av lera, lera-gyttja eller lera-sand. Den organiska halten varierade mellan 0,9 och 8,6 %. Den var lägst i Andersöfjärden (0,9 – 2,1 %) och högst i Ivarsskärsfjärden och invid Andersö och Isaksö i norra delen av området (3,9-9,2 %). I Eckerö bestod sedimenten främst ler-sand och ler-grus. Den organiska halten var mellan 0,4 och 10,7 %, de lägsta halterna hittades utanför Berghamn (0,4-3,8 %), och de högsta i Käringsundsområdet (2,5-10,7 %).

4.2.2. Sällstorlekens inverkan på resultatet

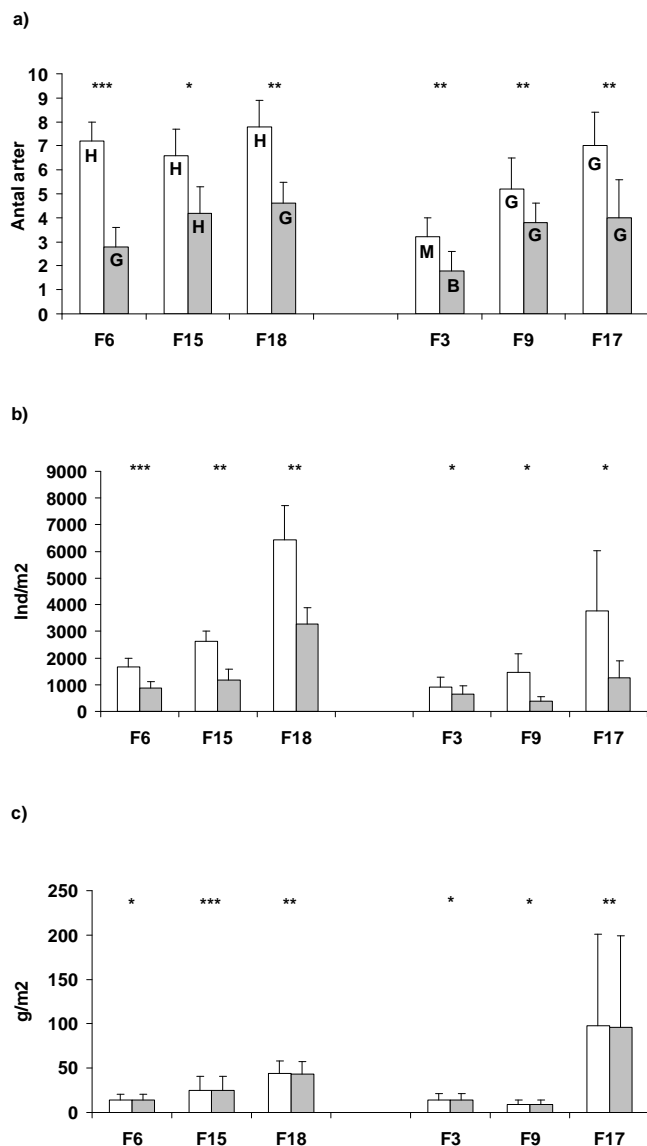
1. Färjsundet

I Färjsundsområdet noterades totalt 18 arter då proven sällades genom ett 0,5 mm såll och 14 då 1,0 mm såll användes. Artantalet i grunda områden var 16 resp. 11 i 0,5 mm resp. 1,0 mm såll, medan i djupa områden hittades 11 resp. 9 arter i sållfraktionerna. Medelantalet arter i både grunda och djupa områden var signifikant olika i 0,5 mm och 1,0 mm sållfraktioner. På de grunda stationerna fanns i medeltal $7,2 \pm 1,1$ arter i 0,5 mm såll och $3,9 \pm 1,2$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). På de djupa stationerna fanns $5,1 \pm 1,8$ arter i 0,5 mm såll och $3,2 \pm 1,5$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). Då artantalet jämfördes stationsvis skilde sig artantalet i sållfraktionerna signifikant på alla stationer förutom station F3 (djup)(Fig. 5a).

I grunda områden fanns det i medeltal 103 ± 65 individer i 0,5 mm såll och 51 ± 34 individer i 1,0 mm såll. Skillnaden var signifikant ($p < 0,0001$; paired t-test). I djupa områden var individantalet 59 ± 52 i 0,5 mm såll och 22 ± 15 i 1,0 mm såll, och en signifikant skillnad ($p = 0,002$; paired t-test) fanns mellan sållfraktionerna. Då abundansen jämfördes stationsvis fanns en signifikant skillnad mellan sållen på alla stationer, i både grunda och djupa områden. Skillnaden var dock mera signifikant i de grunda områdena (Fig. 5b).

Biomassan var signifikant större i 0,5 mm såll än i 1,0 mm såll. På grunda områden fanns i medeltal $0,81 \pm 0,50$ vs. $0,79 \pm 0,50$ g djur i 0,5 vs. 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). På djupa områden var biomassan större. I 0,5 mm såll var biomassan $1,16 \pm 2,0$ g vilket var signifikant större än i 1,0 mm såll ($1,14 \pm 2,0$ g; $p = 0,005$). Skillnaden mellan sållfraktionerna var signifikant olika på alla stationer (Fig. 5c).

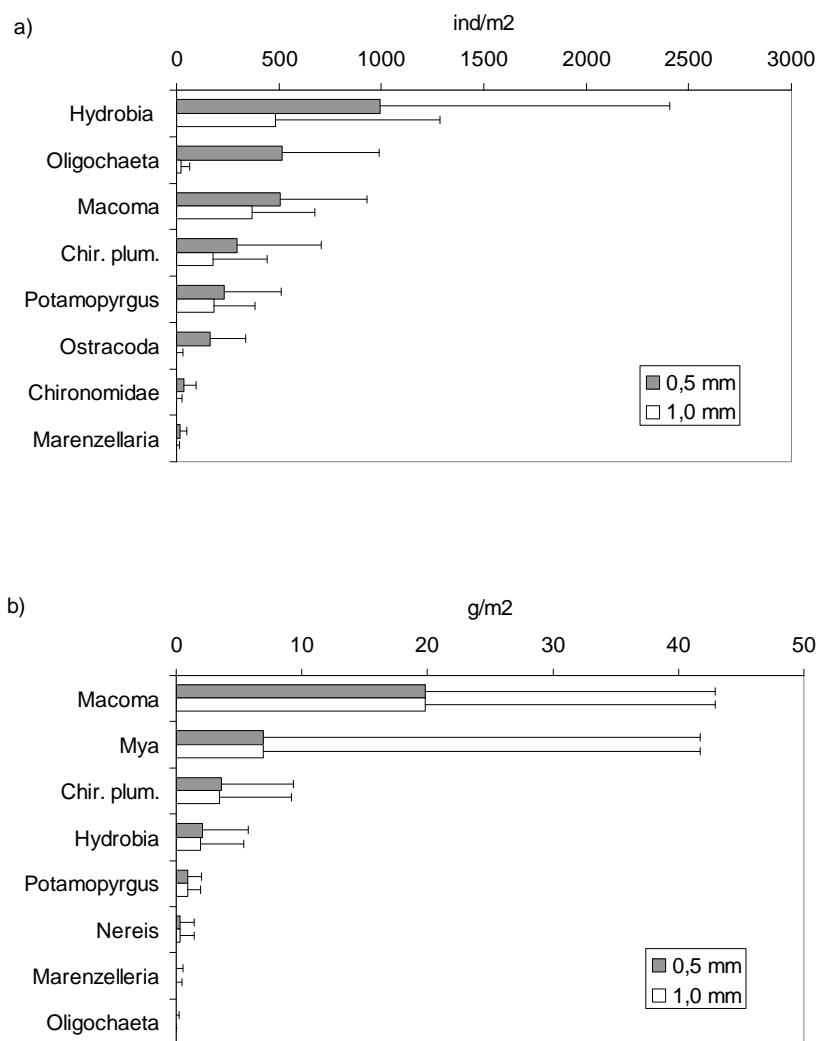
Då 0,5 mm sållet användes var den ekologiska statusen på alla grunda stationer hög (H) enligt BBI indexet. På djupa stationerna F9 och F17 var statusen god (G), och station F3 hade statusen måttlig (M). Då 1,0 mm sållet användes sjönk BBI indexet på några stationer. På de grunda stationerna F6 och F18 sjönk statusen från hög till god, och på djupa stationen F3 sjönk statusen två klasser från måttlig till dålig (B) (Fig. 5a).



Figur 5. Bottenfaunans a) artantal, b) abundans och c) biomassa ($x \pm sd$) på grunda (F6, F15, F18) och djupa (F3, F9, F17) stationer i Färjsundet. Vita staplar = 0,5 mm såll, gråa staplar = 1,0 mm såll. Bokstäverna i staplarna i figur a) betecknar stationens ekologiska status (H = hög, G = god, M = måttlig, B = dålig) * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Figure 5. a) Number of species, b) abundance and c) biomass ($x \pm sd$) of zoobenthos at shallow (F6, F15, F18) and deep (F3, F9, F17) stations in Färjsundet area. White bars = 0.5 mm sieve, grey bars = 1.0 mm sieve. H=high, G=good, M=moderate, B=bad ecological status of the station. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

De mest abundanta arterna/grupperna var *Hydrobia* spp., Oligochaeta, *Macoma balthica*, *Chironomus plumosus*, *Potamopyrgus jenkinsi* och Ostracoda i 0,5 mm såll, och *Hydrobia* spp., *M. balthica*, *C. plumosus*, och *P. jenkinsi* i 1,0 mm såll (Fig. 6a). Arter som förlorades totalt i 1,0 mm sållet var juvenila exemplar av *Corophium volutator*, *Gammarus* spp. och *Harmothoe sarsi*. Biomassan dominerades av *M. balthica*, *Mya arenaria*, *C. plumosus*, *Hydrobia* spp. och *P. jenkinsi* i båda sållfraktionerna (Fig. 6b).



Figur 6. Dominerande arter/taxa i Färjsundsområdet; a) abundans och b) biomassa ($x \pm sd$). Staplarna anger värdena för de olika sållfraktionerna

Figure 6. The dominating species/taxa in Färjsundet area; a) abundance and b) biomass ($x \pm sd$). The bars indicate different sieve fractions.

2. Nordvästra Åland

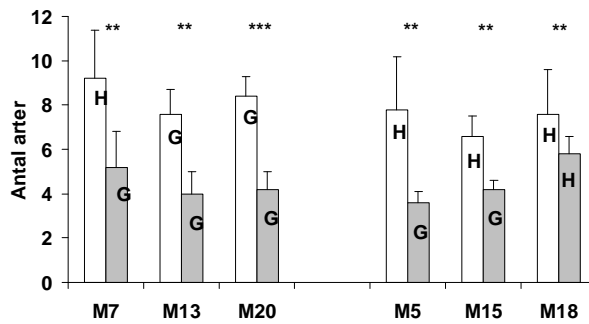
I NW-Åland fanns det totalt 23 arter i 0,5 mm såll och 20 arter i 1,0 mm såll. På grunda områden hittades 20 resp. 13 arter, och i djupare 18 resp. 13 arter. Medelantalet arter i både grunda och djupa områden var signifikant olika i 0,5 mm och 1,0 mm sållfraktioner. På de grunda stationerna fanns i medeltal $8,3 \pm 1,5$ arter i 0,5 mm såll och $4,5 \pm 1,2$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). På de djupa stationerna fanns $7,1 \pm 1,4$ arter i 0,5 mm såll och $4,5 \pm 1,1$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). Då artantalet jämfördes stationsvis skilde sig artantalet i sållfraktionerna signifikant på alla stationer (Fig. 7a).

I grunda områden fanns i medeltal 120 ± 23 individer i 0,5 mm såll och 48 ± 25 individer i 1,0 mm såll. Skillnaden var signifikant ($p < 0,0001$; paired t-test). I djupa områden var individantalet 108 ± 86 i 0,5 mm såll och 31 ± 14 i 1,0 mm såll ($p = 0,0014$; paired t-test). Då abundansen jämfördes stationsvis fanns det en signifikant skillnad mellan sållfraktionerna på alla stationer, i både grunda och djupa områden. Skillnaden var dock mera signifikant i de grunda områdena (Fig. 7b).

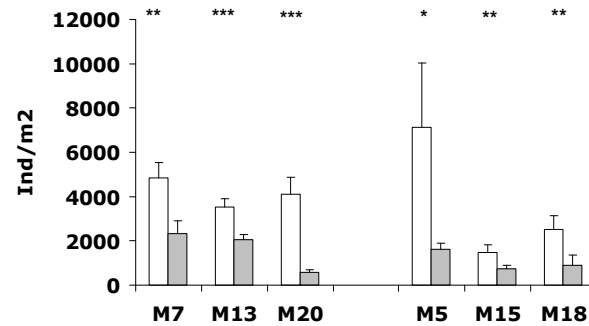
Biomassan var signifikant större i 0,5 mm såll än i 1,0 mm såll. På grunda områden fanns i medeltal $2,28 \pm 3,41$ och $2,26 \pm 3,41$ g djur i 0,5 resp. 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). I djupa områden var biomassan lägre. I 0,5 mm såll var biomassan $1,20 \pm 0,83$ g, vilket var signifikant större än i 1,0 mm såll ($1,16 \pm 0,83$ g; $p < 0,0001$). Skillnaden mellan sållen var signifikant olika på alla stationer förutom M15 (djup) (Fig. 7c).

Då 0,5 mm sållet användes var den ekologiska statusen hög på stationen M7, och god på stationerna M13 och M20 i de grunda områdena. Då 1,0 mm sållet användes sjönk statusen på station M7 från hög till god. På alla djupa stationer var statusen hög med 0,5 mm såll, men sjönk från hög till god på stationerna M5 och M15 med 1,0 mm såll (Fig. 7a).

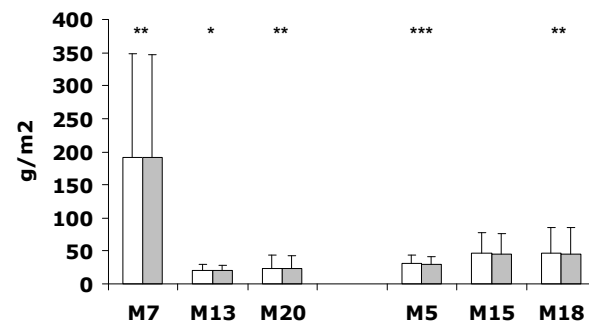
a)



b)



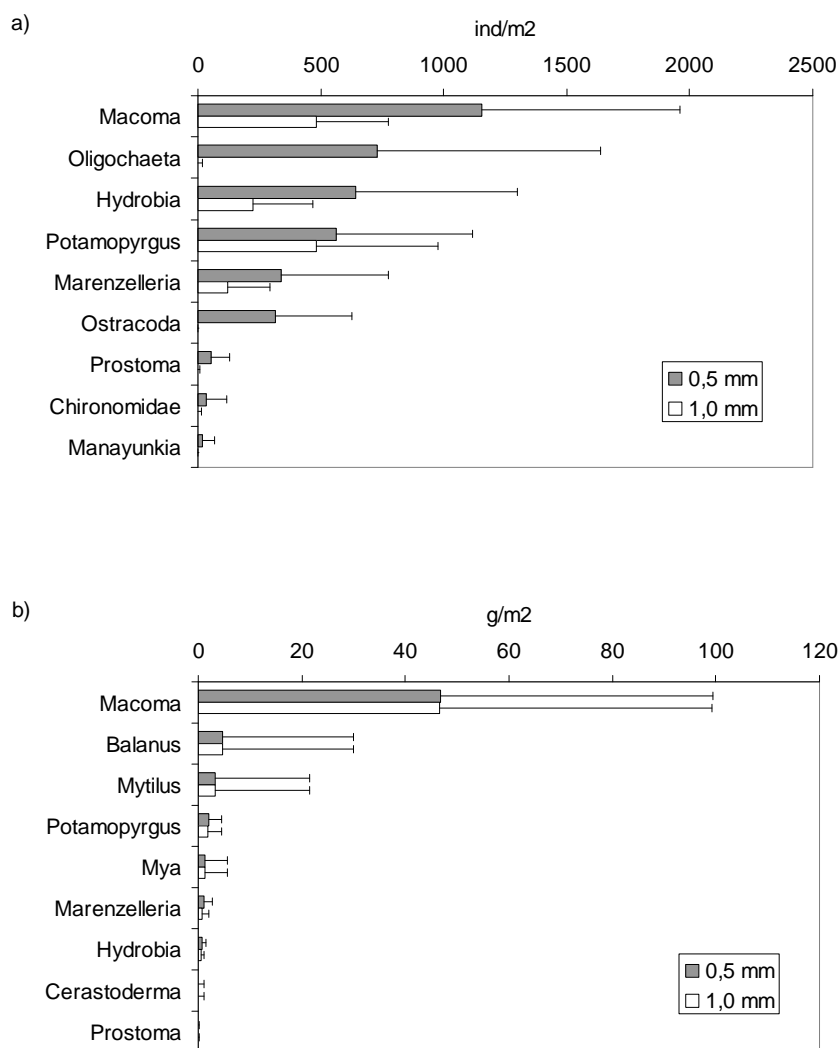
c)



Figur 7. Bottenfaunans a) artantal, b) abundans och c) biomassa ($\bar{x} \pm \text{sd}$) på grunda (M7, M13, M20) och djupa (M5, M15, M18) stationer i NW-Åland. Beteckningarna samma som i figur 5. * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Figure 7. a) Number of species, b) abundance and c) biomass ($\bar{x} \pm \text{sd}$) of zoobenthos at shallow (M7, M13, M20) and deep (M5, M15, M18) stations in NW-Åland area. Labels are the same as in figure 5. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

De mest abundanta arterna/grupperna var *M. balthica*, Oligochaeta, *Hydrobia* spp., *P. jenkinsi*, *Marenzelleria viridis*, och Ostracoda i 0,5 mm såll, och *P. jenkinsi*, *M. balthica*, *Hydrobia* spp. och *M. viridis* i 1,0 mm såll (Fig. 8a). I 1,0 mm fraktionen saknades helt *Manayunkia aestuarina*, Ostracoda och Hydracnidae. Av oligochaeterna förlorades > 99%. Biomassan dominerades av *M. balthica*, *Balanus improvisus*, *Mytilus edulis* och *P. jenkinsi* i båda sållfraktionerna (Fig. 8b).



Figur 8. Dominerande arter/taxa i NW-Åland; a) abundans och b) biomassa ($x \pm sd$). Staplarna anger värdena för de olika sållfraktionerna

Figure 8. The dominating species/taxa in NW-Åland area; a) abundance and b) biomass ($x \pm sd$). The bars indicate different sieve fractions.

3. Eckerö

I Eckerö hittades totalt 28 arter i 0,5 mm sållfraktion och 27 arter i 1,0 mm såll. I grunda områden hittades samma 22 arter i båda sållen, och i djupare 19 resp. 18 arter. Medelantalet arter i både grunda och djupa områden var signifikant olika i 0,5 mm och 1,0 mm sållfraktioner. På de grunda stationerna fanns i medeltal $11,1 \pm 2,5$ arter i 0,5 mm såll och $8,0 \pm 2,2$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). På de djupa stationerna fanns $9,6 \pm 1,2$ arter i 0,5 mm såll och $6,7 \pm 1,5$ arter i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). Då artantalet jämfördes stationsvis skilde sig artantalet i sållfraktionerna signifikant på alla stationer (Fig. 9a).

I grunda områden fanns i medeltal 202 ± 110 individer i 0,5 mm såll och 102 ± 38 individer i 1,0 mm såll. Skillnaden var signifikant ($p < 0,0001$; paired t-test). I djupa områden var individantalet 173 ± 72 i 0,5 mm såll och 70 ± 32 i 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). När abundansen jämfördes stationsvis fanns det en signifikant skillnad mellan sållen på alla stationer, i både grunda och djupa områden (Fig. 9b).

Biomassan var signifikant större i 0,5 mm såll än i 1,0 mm såll. På grunda områden fanns i medeltal $4,25 \pm 1,48$ vs. $4,17 \pm 1,49$ g djur i 0,5 vs. 1,0 mm såll ($p < 0,0001$; paired t-test). I djupa områden var biomassan lägre. I 0,5 mm såll var biomassan $3,30 \pm 1,57$ g, vilket var signifikant större än i 1,0 mm såll ($3,22 \pm 1,59$ g; $p < 0,0001$). Skillnaden mellan sållen var signifikant olika på alla stationer (Fig. 9c).

Då 0,5 mm sållet användes var den ekologiska statusen hög på grunda stationerna E23, E25 och E26 och god på stationen E24. På djupa stationerna E11 och E18 var statusen hög och på station E15 var statusen god. Då 1,0 mm sållet användes sjönk BBI indexet på några stationer. På de grunda områdena sjönk statusen från hög till god på station E25, och på djupa stationerna E11 och E18 sjönk statusen från hög till god (Fig. 9a).

a)

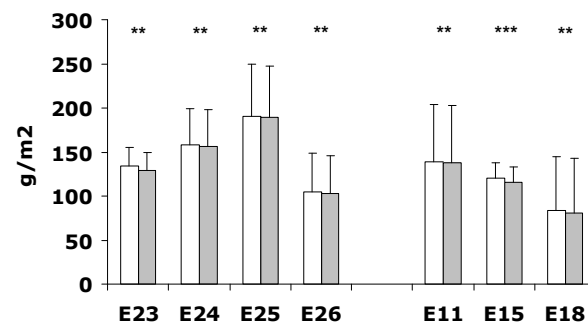
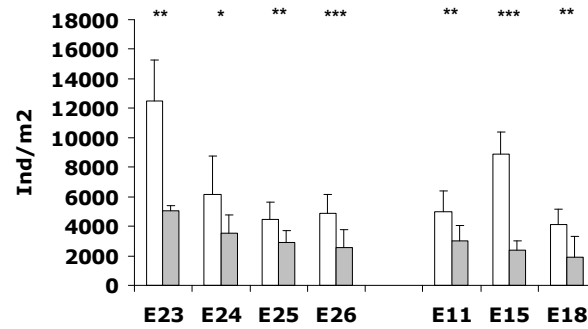
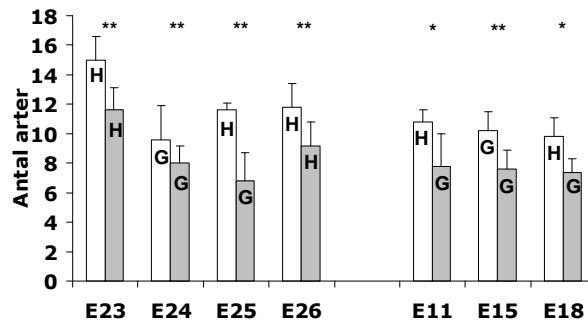
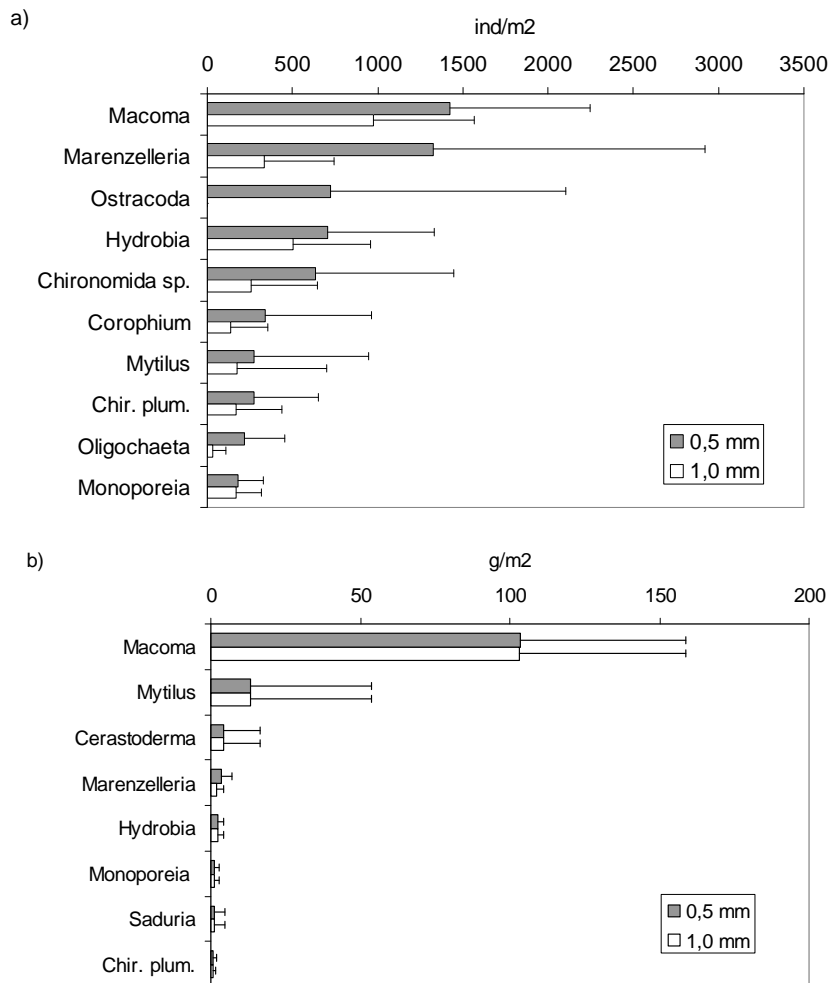


Figure 9a-c. Number of species, abundance and biomass ($x \pm sd$) of zoobenthos at shallow (M7, M13, M20) and deep (M5, M15, M18) stations in Eckerö area. Labels are the same as in figure 5. * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

De dominanta arterna var *M. balthica*, *M. viridis*, *Hydrobia* spp., Chironomidae, *C. volutator*, *M. edulis*, *C. plumosus*, Oligochaeta och *Monoporeia affinis* i båda sållen (Fig. 10a). I 1,0 mm fraktionen saknades Ostracoda som var den tredje mest abundanta gruppen i 0,5 mm såll, samt arten *Gammarus oceanicus*, som fanns i några exemplar i 0,5 mm sållet på en djup station. Biomassan dominerades av *M. balthica*, *M. edulis*, *Cerastoderma* sp, *M. viridis*, *Hydrobia* spp., *M. affinis*, *Saduria entomon* och *C. plumosus* i båda sållen (Fig. 10b).



Figur 10. Dominerande arter/taxa i Eckerö; a) abundans och b) biomassa ($x \pm sd$). Staplarna anger värdena för de olika sållfraktionerna

Figure 10. The dominating species/taxa in Eckerö area; a) abundance and b) biomass ($x \pm sd$). The bars indicate different sieve fractions.

Då inverkan av sållstorleken jämfördes i alla tre skärgårdsområden tillsammans (2-vägs ANOVA), var skillnaden mellan sållen på både grunda och djupa bottenar signifikant olika gällande såväl artantal, abundans och biomassa (Tabell 7, 8, Fig 11). I både grunda och djupa områden skilde sig artantalet signifikant också mellan områden. Angående biomassan fanns på grunda områden en interaktion mellan områden och sållstorleken, vilket betyder att effekten av sållen var beroende av området.

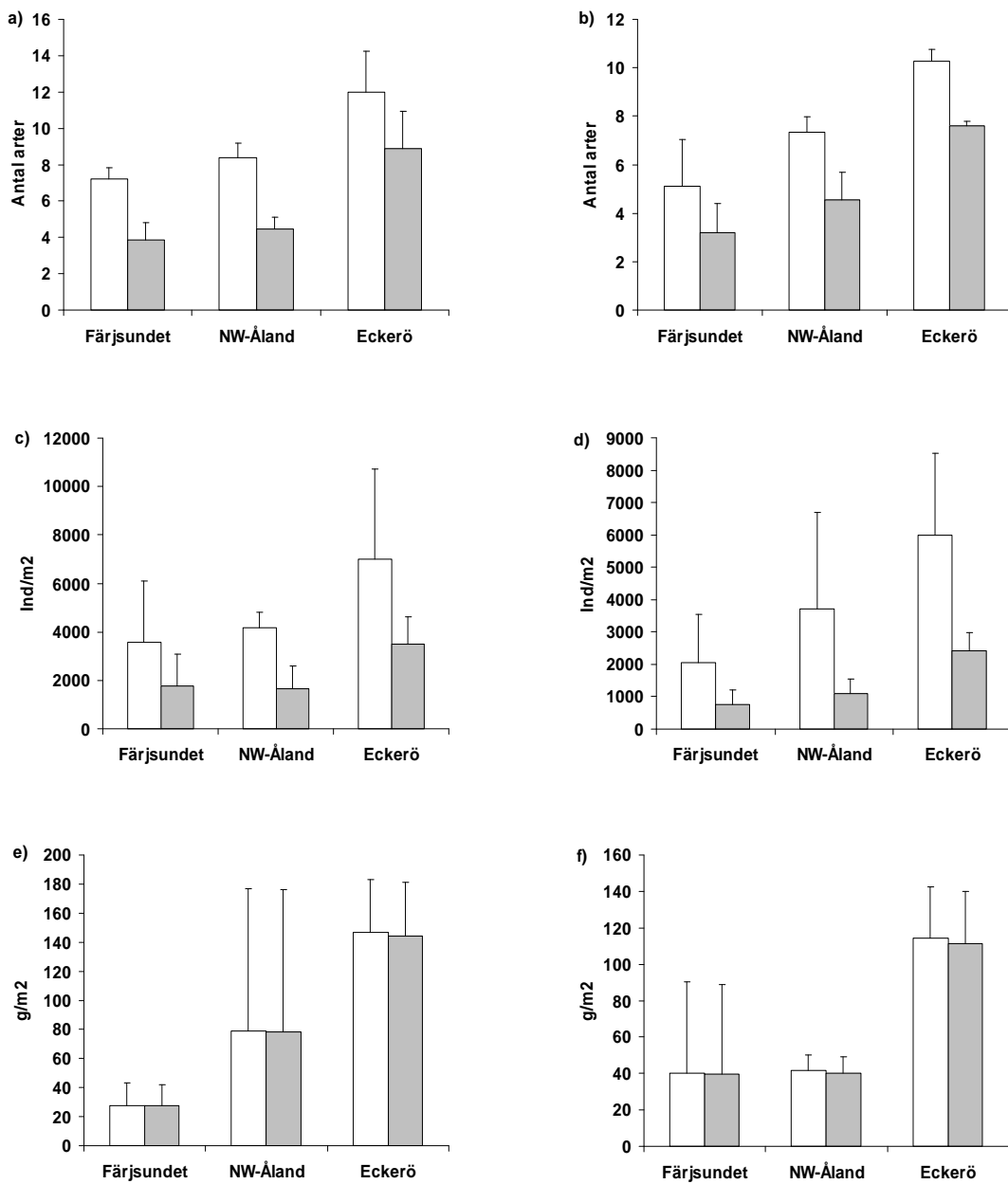
Tabell 7. Resultaten från 2-vägs ANOVA över effekten av sållstorleken (0,5 mm, 1,0 mm) och områden (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) på bottenfaunans artantal, abundans och biomassa på grunda bottenar.
Table 7. 2-way ANOVA results for the effects of sieve size (0.5 mm, 1.0 mm) and areas (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) on number of species, abundance and biomass of zoobenthos on shallow areas.

Source of Variation	df	SS	MS	F	p
Artantal:					
såll	1	58,62	58,62	106,7	<0,0001
område	2	98,20	49,10	12,13	0,0053
Interaction	2	0,6113	0,3057	0,5562	0,5968
Subjects (matching)	7	28,33	4,047	7,364	0,0086
Residual	7	3,847	0,5495		
Abundans:					
såll	1	33000000	33000000	17,56	0,0041
område	2	29370000	14680000	2,019	0,2031
Interaction	2	2516000	1258000	0,6692	0,5420
Subjects (matching)	7	50910000	7273000	3,870	0,0475
Residual	7	13160000	1879000		
Biomassa:					
såll	1	7,367	7,367	15,77	0,0054
område	2	48910	24450	3,608	0,0838
Interaction	2	4,942	2,471	5,288	0,0399
Subjects (matching)	7	47440	6777	14510	<0,0001
Residual	7	3,270	0,4672		

Tabell 8. Resultaten från 2-vägs ANOVA över effekten av sållstorleken (0,5 mm, 1,0 mm) och områden (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) på bottenfaunans artantal, abundans och biomassa på djupa bottenar.

Table 8. 2-way ANOVA results for the effects of sieve size (0.5 mm, 1.0 mm) and areas (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) on number of species, abundance and biomass of zoobenthos on deep areas.

Source of Variation	df	SS	MS	F	p
Artantal:					
såll	1	27,38	27,38	65,54	0,0002
område	2	69,68	34,84	17,90	0,0030
Interaction	2	0,6533	0,3267	0,7819	0,4991
Subjects (matching)	6	11,68	1,947	4,660	0,0416
Residual	6	2,507	0,4178		
Abundans:					
såll	1	27790000	27790000	11,77	0,0140
område	2	24280000	12140000	3,213	0,1126
Interaction	2	3936000	1968000	0,8334	0,4793
Subjects (matching)	6	22670000	3779000	1,600	0,2912
Residual	6	14170000	2362000		
Biomassa:					
såll	1	10,73	10,73	12,98	0,0113
område	2	21010	10500	4,715	0,0588
Interaction	2	3,631	1,816	2,196	0,1924
Subjects (matching)	6	13370	2228	2695	<0,0001
Residual	6	4,960	0,8267		



Figur 11. Bottenfaunans artantal på a) grunda och b) djupa bottnar, abundans på c) grunda och d) djupa bottnar och biomassa på e) grunda och f) djupa bottnar ($x \pm sd$) i Färjsundet, NW-Åland och Eckerö. Vita staplar = 0,5 mm såll, gråa staplar = 1,0 mm såll.

Figure 11. . Number of species on shallow (a) and deep (b) stations, abundance on shallow (c) and deep (d) stations and biomass on shallow (e) and deep (f) stations ($x \pm sd$) in Färjsundet, NW-Åland and Eckerö. White bars = 0.5 mm sieve, grey bars = 1.0 mm sieve.

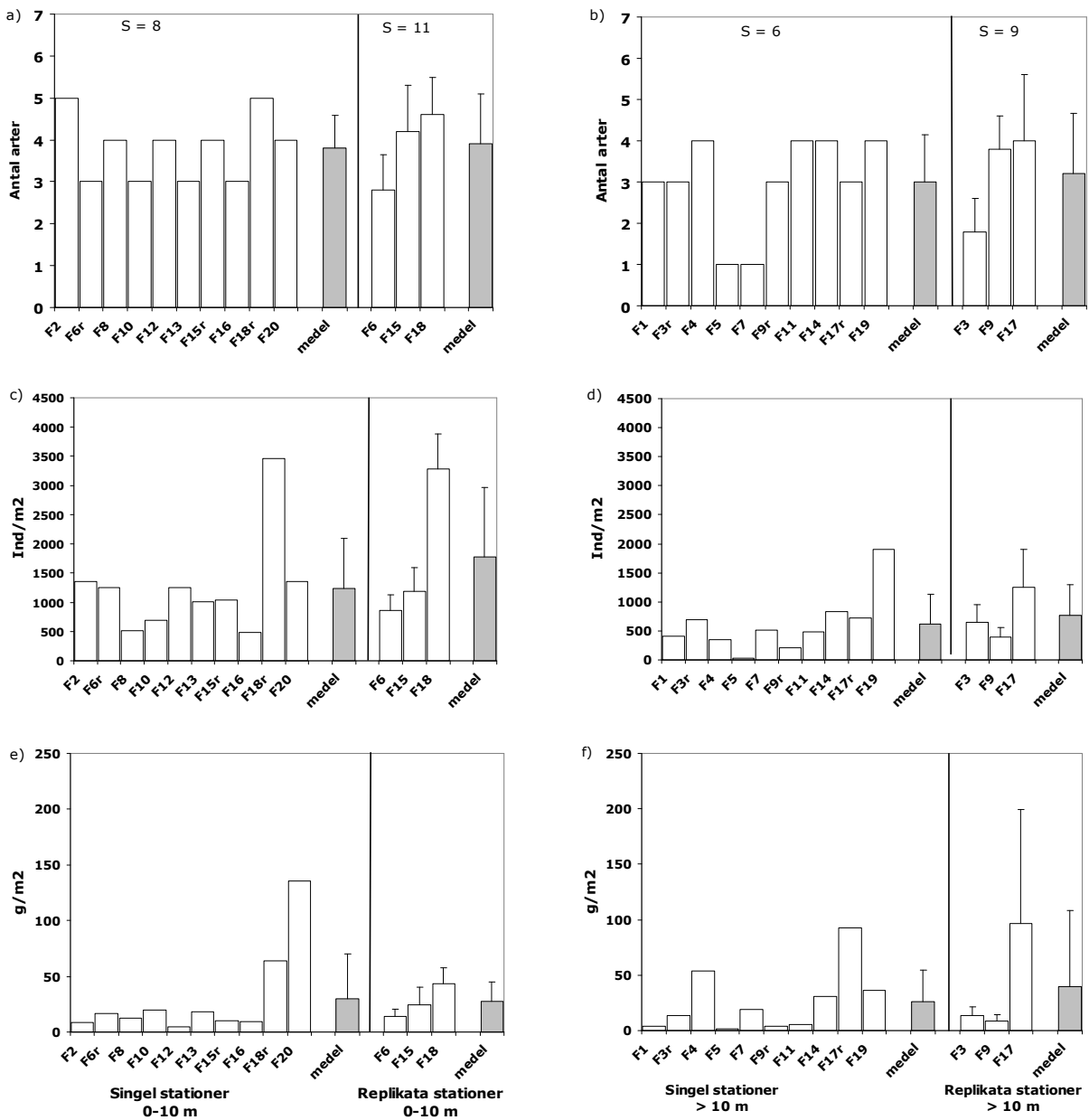
4.2.3. Jämförelse av strategi: singelhugg vs. replikata hugg

1. Färjsundet

På grunda områden varierade artantalet mellan 3 och 5 på stationerna där ett hugg togs, medelartantal var $3,8 \pm 0,8$. På replikata stationer fanns i medeltal $2,8 \pm 0,8$ (F6), $4,2 \pm 1,1$ (F15) och $4,6 \pm 0,9$ (F18) arter. Standardavvikelsen var 21 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 19-30 % på replikata stationer. Artantalet på 1-huggs stationerna skiljde sig inte signifikant från stationerna där replikata hugg togs (unpaired t-test, $p > 0,05$) (Fig. 12a). I djupa områden var artantalet mellan ett och fyra på 1-huggs stationerna och var i medeltal $3,0 \pm 1,2$. På replikata djupa stationer fanns $1,8 \pm 0,8$ (F3), $3,8 \pm 0,8$ (F9) och $4,0 \pm 1,6$ (F17) arter. Standardavvikelsen var 38 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 21-44 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad fanns i artantalet mellan strategierna (Fig. 12b).

Abundansen varierade på grunda områden mellan 484 och 3460 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 1238 ± 846 ind/m². På replikata stationer var medelantalet 865 ± 259 , 1183 ± 406 och 3280 ± 609 ind/m². Standardavvikelsen var 68 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 19-34 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationer (Fig. 12c). I djupa områden var abundansen mellan 35 och 1903 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 616 ± 512 ind/m². På replikata stationer fanns i medeltal 650 ± 303 , 394 ± 162 och 1252 ± 647 ind/m². Standardavvikelsen var 83 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 41-52 % på replikata stationer. Strategierna skilde sig inte från varandra på varken grunda eller djupa områden (Fig. 12d).

Biomassan på grunda områden varierade mellan 4,6 och 135,4 g/m² på 1-huggs stationer, och var i medeltal $29,8 \pm 40,7$ g/m². På replikata stationer var biomassan i medeltal $14,1 \pm 6,1$, $24,5 \pm 15,9$ och $43,5 \pm 14$ g/m². Standardavvikelsen var 136 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 32-65 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationerna (Fig. 12e). På djupa områden varierade biomassan mellan 1,65 och 54,2 g/m² på 1-huggs stationerna och var i medeltal $26,1 \pm 28,8$ g/m². På replikata stationer var biomassan $13,8 \pm 7,3$, $8,4 \pm 5,6$ och $96,2 \pm 102,9$ g/m². Standardavvikelsen var 110 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 53-107 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad fanns mellan strategierna på varken grunda eller djupa bottnar (Fig. 12f).



Figur 12. Bottenfaunan i Färjsundet provtagna med singel-strategi vs replikat-strategi. Antal arter på grunda (a) och djupa stationer (b), abundans på grunda (c) och djupa (d) stationer, och biomassa på grunda (e) och djupa stationer (f). S = totala antalet arter, medel = medeltalet av singel- vs replikat stationerna.

Figure 12. Zoobenthos in Färjsundet sampled with single and replicate design. Number of species on shallow (a) and deep (b) stations, abundance on shallow (c) and deep (d) stations and biomass on shallow (e) and deep (f) stations. S = total number of species. Medel = mean of single and replicate stations.

Med singelstrategin var den ekologiska statusen i både grunda och djupa områden god (G) (då BBI-indexet räknades för alla 10 hugg per djup). När man räknade två BBI för grunda resp. djupa områden (ett BBI-index för 5 hugg), var statusen i grunda områden god (G), medan i djupa områden fick den mera skyddade delen av Färjsundet statusen måttlig (M), och det som är närmare Lumparns mynning fick statusen god (G). Med replikata strategin (ett BBI per station) var statusen G, H, G på djupa stationer, och B, G, G på grunda stationer (Tabell 9).

Tabell 9. BBI-index och ekologisk status i prov tagna med singel strategi och replikat strategi i Färjsundet. H=hög, G=god, M=måttlig, P=försvarlig, B=dålig.

Table 9. The BBI-index and ecological status of stations sampled with single design and replicate design in Färjsundet area. H=high, G=good, M=moderate, P=poor, B=bad.

		Singel strategi			Replikat strategi		
OMRÅDE	Djup	Stationer	BBI	Status	Stationer	BBI	Status
Färjsundet	0-10	2,6,8,10,13	0,483	G	6	0,477	G
Färjsundet	0-10	12,15,16,18,20	0,521	G	15	0,631	H
Färjsundet	0-10	Alla	0,571	G	18	0,479	G
Färjsundet	>10	1,3,4,5,7	0,298	M	3	0,077	B
Färjsundet	>10	9,11,14,17,19	0,484	G	9	0,472	G
Färjsundet	>10	Alla	0,456	G	17	0,449	G

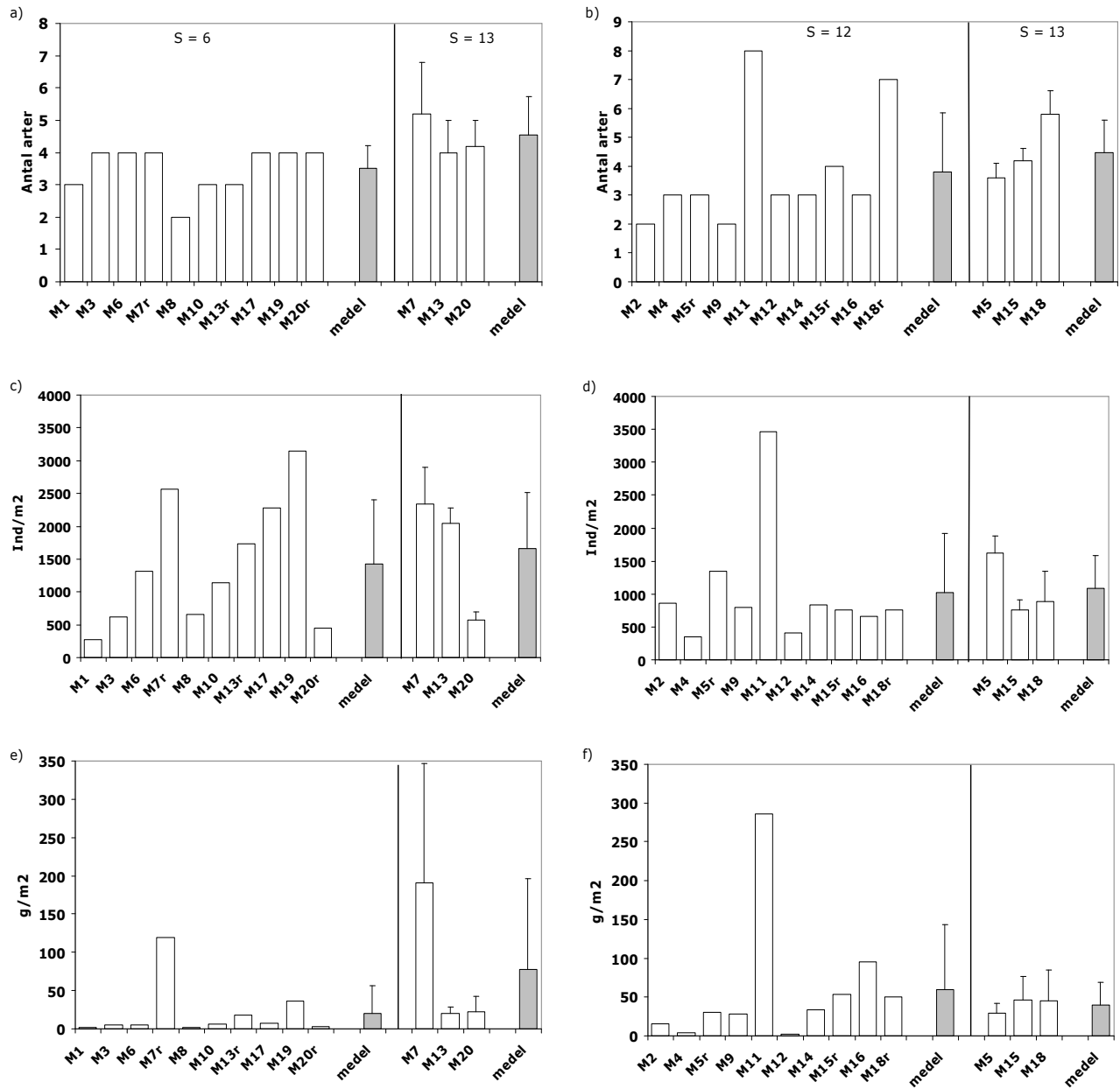
2. Nordvästra Åland

På grunda områden varierade artantalet mellan två och fyra på stationerna där 1 hugg togs, medelartantal var $3,5 \pm 0,7$. På replikata stationer fanns det i medeltal $5,2 \pm 1,6$ (M7), $4,0 \pm 1,0$ (M13) och $4,2 \pm 0,8$ (M20) arter. Standardavvikelsen var 20 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 19-31 % på replikata stationer. Artantalet på 1-huggs stationerna skiljde sig signifikant från stationerna där replikata hugg togs (unpaired t-test, $p=0,0216$) (Fig. 13a). I djupa områden var artantalet mellan två och åtta på 1-huggs stationerna och var i medeltal $3,8 \pm 2,0$. På replikata djupa stationer fanns $3,6 \pm 0,5$ (M5), $4,2 \pm 0,4$ (M15) och $5,8 \pm 0,8$ (M18) arter. Standardavvikelsen var 54 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 10-14 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad fanns i artantalet mellan strategierna (Fig. 13b).

Abundansen varierade på grunda områden mellan 277 och 3149 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 1419 ± 982 ind/m². På replikata stationer var medelantalet 2339 ± 560 , 2048 ± 226 och 574 ± 124 ind/m². Standardavvikelsen var 69 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 11-24 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationer (Fig. 13c). I djupa områden var abundansen mellan 346 och 3460 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 1024 ± 898

ind/m². På replikata stationer fanns i medeltal 1619 ± 264 , 754 ± 152 och 879 ± 467 ind/m². Standardavvikelsen var 88 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 16-53 % på replikata stationer. Strategierna skilde sig inte från varandra på varken grunda eller djupa områden (Fig. 13d).

Biomassan på grunda områden varierade mellan 2,4 och 119,3 g/m² på 1-huggs stationer, och var i medeltal $20,7 \pm 36,2$ g/m². På replikata stationer var biomassan i medeltal $191,4 \pm 155,8$, $20,7 \pm 7,9$ och $22,7 \pm 20,4$ g/m². Standardavvikelsen var 175 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 38-90 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationer (Fig. 13e). På djupa områden varierade biomassan mellan 2,6 och 285,6 g/m² på 1-huggs stationer, och var i medeltal $60,0 \pm 139,6$ g/m². På replikata stationer var biomassan $29,7 \pm 12,3$, $45,6 \pm 30,6$ och $45,4 \pm 39,6$ g/m². Standardavvikelsen var 140% av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 41-87 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad (Fig. 13f).



Figur 13. Bottenfaunan i NW-Åland provtagna med singel-strategi vs replikat-strategi. Antal arter på grunda (a) och djupa stationer (b), abundans på grunda (c) och djupa (d) stationer, och biomassa på grunda (e) och djupa stationer (f). S = totala antalet arter, medel = medeltalet av singel- vs replikat stationerna.

Figure 13. Zoobenthos in NW-Åland sampled with single and replicate design. Number of species on shallow (a) and deep (b) stations, abundance on shallow (c) and deep (d) stations and biomass on shallow (e) and deep (f) stations. S = total number of species. Medel = mean of single and replicate stations.

Med singelstrategin var den ekologiska statusen i grunda områden god (G) och i djupa områden hög (H) (då BBI-indexet räknades för alla 10 hugg per djup). Ingen förändring skedde i statusen om man räknade två BBI för grunda resp. djupa områden (ett BBI-index för 5 hugg). Med replikata strategin var statusen G,G,G på grunda stationer och G,G,H på djupa stationer (Tabell 10).

Tabell 10. BBI-index och ekologisk status i prov tagna med singel strategi och replikat strategi i NW-Åland. H=hög, G=god, M=moderat, P=försvärlig, B=dålig.

Table 10. The BBI-index and ecological status of stations sampled with single design and replicate design in NW-Åland area. H=high, G=good, M=moderate, P=poor, B=bad.

		Singel strategi			Replikat strategi		
OMRÅDE	Djup	Stationer	BBI	Status	Stationer	BBI	Status
NW-Åland	0-10	1,3,6,7,8	0,442	G	7	0,615	G
NW-Åland	0-10	10,13,17,19,20	0,452	G	13	0,512	G
NW-Åland	0-10	Alla	0,495	G	20	0,487	G
NW-Åland	>10	2,4,5,9,11	0,583	H	5	0,388	G
NW-Åland	>10	12,14,15,16,18	0,591	H	15	0,485	G
NW-Åland	>10	Alla	0,651	H	18	0,622	H

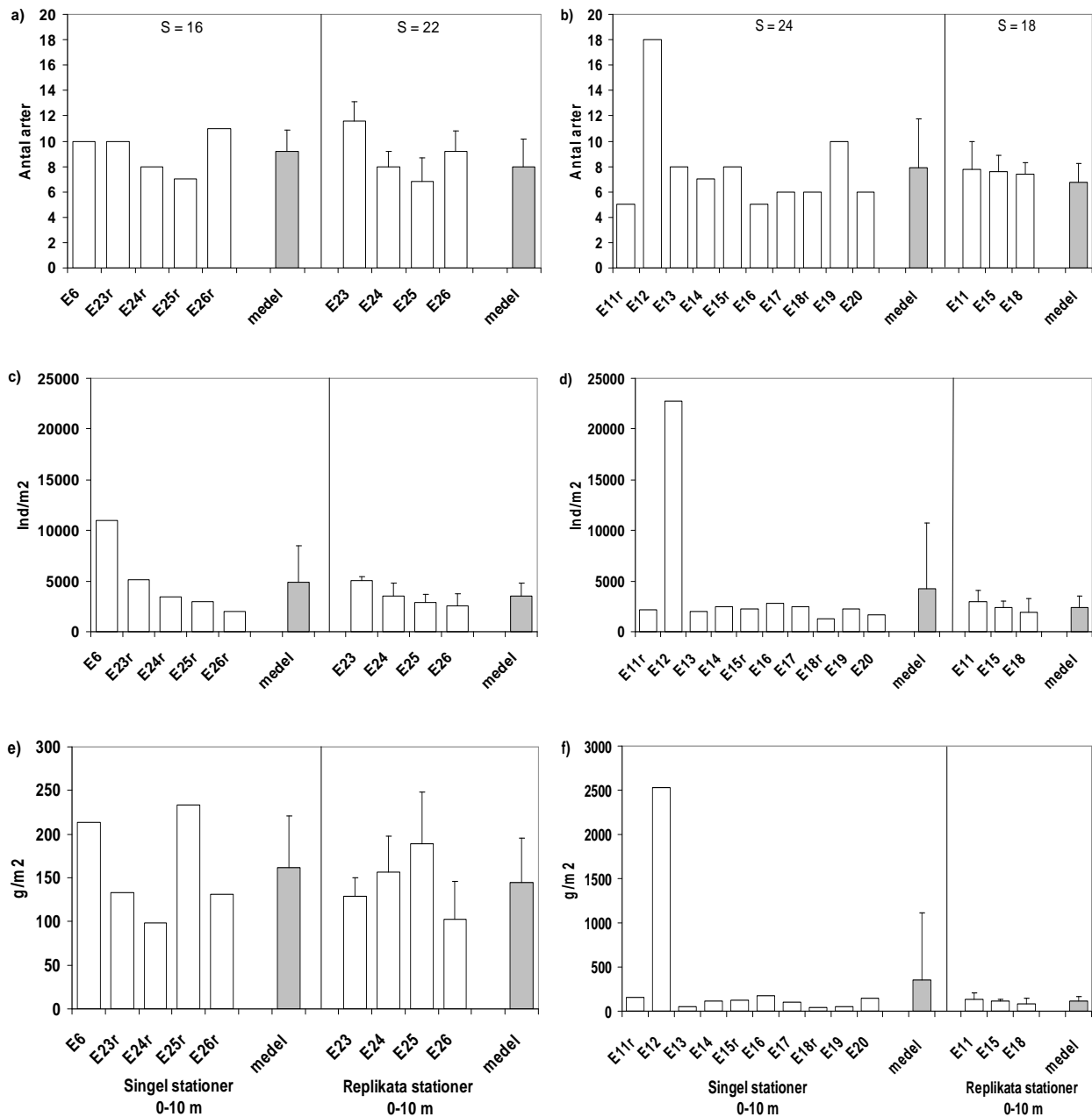
3. Eckerö

På grunda områden varierade artantalet mellan 7 och 11 på stationerna där 1 hugg togs, medelartantal var $9,2 \pm 1,6$. På replikata stationer fanns i medeltal $11,6 \pm 1,5$ (E23), $8,0 \pm 1,2$ (E24), $6,8 \pm 1,9$ (E25) och $9,2 \pm 1,6$ (E26) arter. Standardavvikelsen var 18 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 13-28 % på replikata stationer. Artantalet på 1-huggs stationerna skiljde sig signifikant från stationerna där replikata hugg togs (unpaired t-test, $p = 0,0216$) (Fig. 14a). I djupa områden var artantalet mellan 5 och 18 på 1-huggs stationerna och var i medeltal $7,9 \pm 3,9$. På replikata djupa stationer fanns det $7,8 \pm 2,2$ (E11), $7,6 \pm 1,3$ (E15) och $7,4 \pm 0,9$ (E18) arter. Standardavvikelsen var 49 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 12-28 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad fanns i artantalet mellan strategierna på varken grunda eller djupa områden (Fig. 14b).

Abundansen varierade på grunda områden mellan 1972 och 11003 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 4913 ± 3594 ind/m². På replikata stationer var medelantalet 5065 ± 347 , 3515 ± 1256 , 2913 ± 777 och 2567 ± 1214 ind/m². Standardavvikelsen var 73 % av medeltalet på 1 huggs stationer, och mellan 7-47 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationer (Fig. 14c). I djupa områden var abundansen mellan 1246 och 22732 ind/m² på 1-huggs stationer och var i medeltal 4207 ± 6523 ind/m². På replikata stationer fanns i medeltal 3003 ± 1070 , 2380 ± 646 och 1910 ± 1387 ind/m². Standardavvikelsen var 155 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 27-73 % på

replikata stationer. Strategierna skilde sig inte från varandra på varken grunda eller djupa områden (Fig. 14d).

Biomassan på grunda områden varierade mellan 98 och 233 g/m² på 1-huggs stationer, och var i medeltal 162 ± 58 g/m². På replikata stationer var biomassan i medeltal $129,3 \pm 20,2$, $156,2 \pm 41,5$, $189,3 \pm 58,6$ och $102,6 \pm 43$ g/m². Standardavvikelsen var 36 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 15-42 % på replikata stationer. 1-huggs stationerna skilde sig inte signifikant från replikata stationer (Fig. 14e). På djupa områden varierade biomassan mellan 43,8 och 2534,3 g/m² på 1-huggs stationer, och var i medeltal 350 ± 769 g/m². På replikata stationer var biomassan $137,5 \pm 65,8$, $115,8 \pm 16,8$ och $80,9 \pm 62,2$ g/m². Standardavvikelsen var 220 % av medeltalet på 1-huggs stationer, och mellan 15-77 % på replikata stationer. Ingen signifikant skillnad fanns mellan strategierna på varken grunda eller djupa stationer (Fig. 14f).



Figur 14. Bottenfaunan i Eckerö provtagna med singel-strategi vs replikat-strategi. Antal arter på grunda (a) och djupa stationer (b), abundans på grunda (c) och djupa (d) stationer, och biomassa på grunda (e) och djupa stationer (f). S = totala antalet arter, medel = medeltalet av singel- vs replikat stationerna.

Figure 14. Zoobenthos in Eckerö sampled with single and replicate design. Number of species on shallow (a) and deep (b) stations, abundance on shallow (c) and deep (d) stations and biomass on shallow (e) and deep (f) stations. S = total number of species. Medel = mean of single and replicate stations.

Med singelstrategin var den ekologiska statusen i både grunda och djupa områden hög (H) (då BBI-indexet räknades för alla 5 hugg på grunda och 10 hugg på djupa). Med replikata strategin var indexet på grunda områden H,G,G,H och på djupa G,G,G (Tabell 11).

Tabell 11. BBI-index och ekologisk status i prov tagna med singel strategi och replikat strategi i Eckerö. H=hög, G=god, M=måttlig, P=försvarlig, B=dålig.

Table 11. The BBI-index and ecological status of stations sampled with single design and replicate design in Eckerö area. H=high, G=good, M=moderate, P=poor, B=bad.

		Singel strategi			Replikat strategi		
OMRÅDE	Djup	Stationer	BBI	Status	Stationer	BBI	Status
Eckerö	0-10	6,23,24,25,26	0,770	H	23	0,799	H
Eckerö	0-10				24	0,678	G
Eckerö	0-10				25	0,673	G
Eckerö	0-10				26	0,807	H
Eckerö	>10	11,12,15,14,16	0,692	H	11	0,611	G
Eckerö	>10	17,19,18,20,13	0,669	H	15	0,618	G
Eckerö	>10	Alla	0,735	H	18	0,532	G

Då inverkan av sällstorleken jämfördes i alla tre skärgårdsområden tillsammans (2-vägs ANOVA), fanns ingen signifikant skillnad mellan strategierna på varken grunda eller djupa bottenar, gällande såväl artantal, abundans och biomassa (Tabell 12, 13, Fig 15).

Tabell 12. Resultaten från 2-vägs ANOVA över effekten av provtagningsdesignen (replikat, singel) och områden (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) på bottenfaunans artantal, abundans och biomassa på grunda bottenar (1.0 mm sällstorlek).

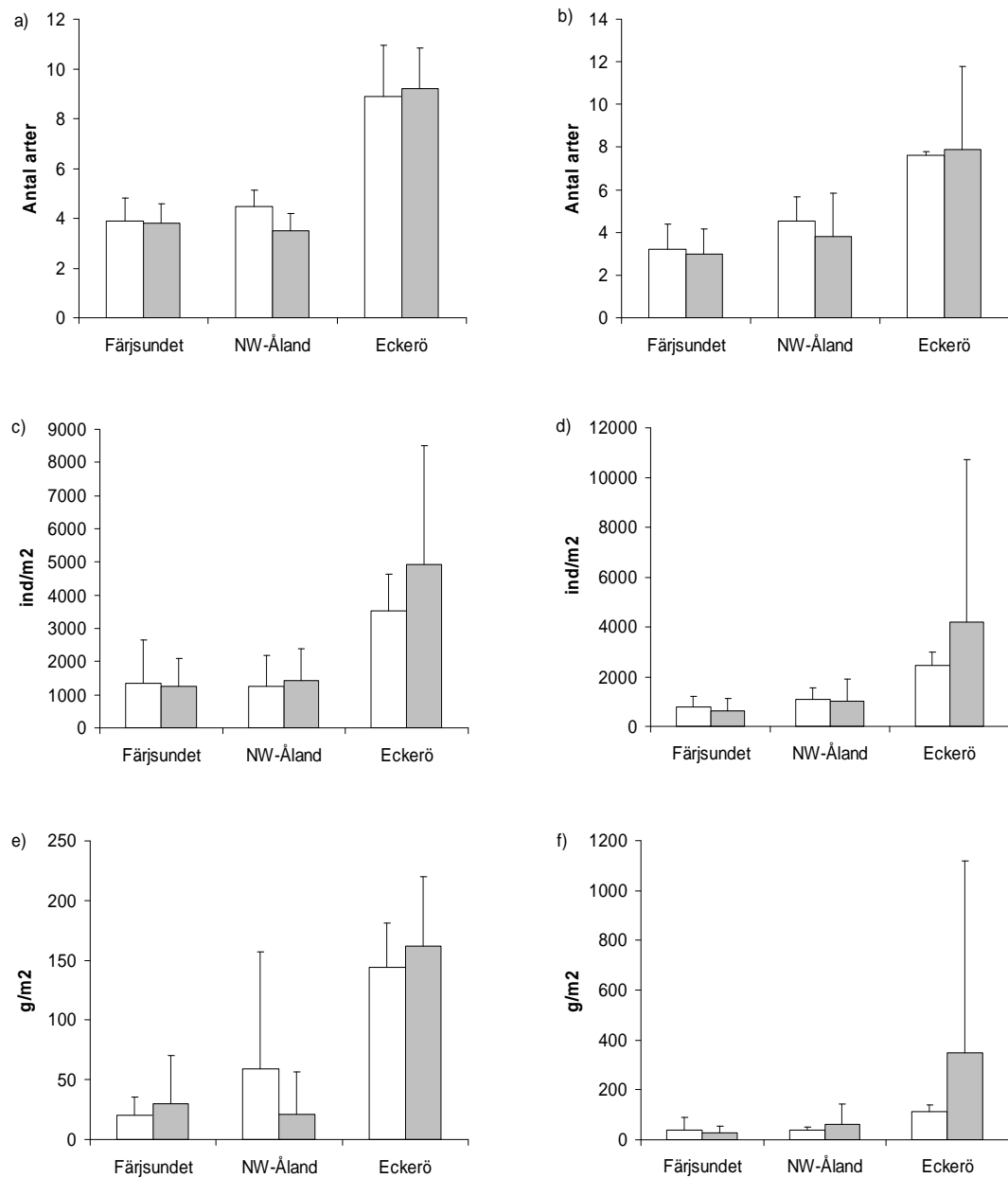
Table 12. 2-way ANOVA results for the effects of sampling design (replicate, single) and areas (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) on number of species, abundance and biomass of zoobenthos on shallow areas (1.0 mm meshsize).

Source of Variation	df	SS	MS	F	p
Artantal:					
strategi	1	0,4084	0,4084	0,3280	0,5713
område	2	158,7	79,36	63,73	<0,0001
Interaction	2	1,935	0,9675	0,7769	0,4691
Residual	29	36,11	1,245		
Abundans:					
Strategi	1	1597	1597	0,7398	0,3963
Område	2	45180	22590	10,47	0,0003
Interaction	2	2544	1272	0,5893	0,5608
Residual	31	66910	2158		
Biomassa:					
Strategi	1	0,09117	0,09117	0,04881	0,8266
Område	2	78,82	39,41	21,10	<0,0001
Interaction	2	4,027	2,013	1,078	0,3527
Residual	31	57,91	1,868		

Tabell 13. Resultaten från 2-vägs ANOVA över effekten av provtagningsdesignen (replikat, singel) och områden (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) på bottenfaunans artantal, abundans och biomassa på djupa bottenar.

Table 13. 2-way ANOVA results for the effects of sampling design (replicate, single) and areas (Färjsundet, NW-Åland, Eckerö) on number of species, abundance and biomass of zoobenthos on deep areas.

Source of Variation	df	SS	MS	F	p
Artantal:					
strategi	1	0,3085	0,3085	0,05355	0,8184
område	2	109,5	54,77	9,506	0,0005
Interaction	2	1,232	0,6162	0,1070	0,8989
Residual	33	190,1	5,761		
Abundans:					
strategi	1	1576	1576	0,1580	0,6935
område	2	31280	15640	1,568	0,2235
Interaction	2	4555	2278	0,2284	0,7971
Residual	33	329100	9973		
Biomassa:					
strategi	1	38,64	38,64	0,2828	0,5984
område	2	185,4	92,69	0,6785	0,5143
Interaction	2	72,34	36,17	0,2648	0,7690
Residual	33	4508	136,6		



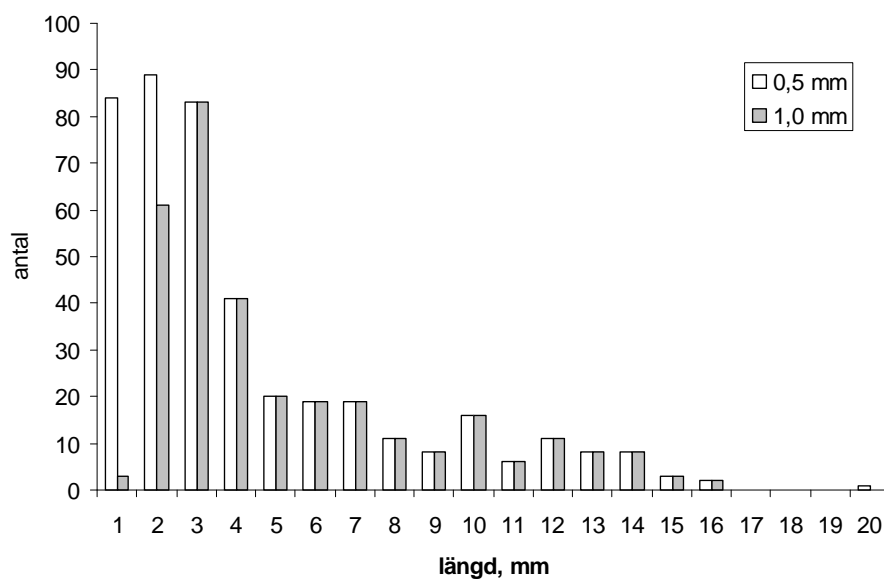
Figur 15. Bottenfaunans artantal på a) grunda och b) djupa bottnar, abundans på c) grunda och d) djupa bottnar och biomassa på e) grunda och f) djupa bottnar ($\bar{x} \pm \text{sd}$) i Färjsundet, NW-Åland och Eckerö. Vita staplar = replikat design, gråa staplar = singel design.

Figure 15. Number of species on shallow (a) and deep (b) stations, abundance on shallow (c) and deep (d) stations and biomass on shallow (e) and deep (f) stations ($\bar{x} \pm \text{sd}$) in Färjsundet, NW-Åland and Eckerö. White bars = replicate design, grey bars = single design.

4.2.4. *Macoma balthica*

Replikata stationer

Antal och längdfördelning hos *Macoma balthica* påverkades starkt av sållstorlek. Genom att använda 1,0 mm såll missade man mellan 0 och 83 % av *M. balthica* populationen beroende på populationens storleksfördelning. Av 1 mm stora musslor missades 99,6 % och av 2 mm stora 41,0%. Från och med 3 mm storlek fanns alla *M. balthica* även i 1 mm sållet (Fig. 14). I Färjsundet hittades *M. balthica* på 5 (av 6) stationer; 3 grunda (F15, F18 och F6; 3183-5190 ind/m²) och 2 djupa (F9; 34,6 ind/m² och F17; 2941 ind/m²). Av populationen missade man 20-33 % (= *M. balthica* i 1-2 mm storlek) då 1,0 mm såll användes. I NW-Åland hittades *M. balthica* på alla stationer (grunda: 4844-8996 ind/m²; djupa: 1834-10864 ind/m²). Av dessa missade man 25-83 % med det större sållet. I Eckerö fanns *M. balthica* på alla stationer (grunda: 2491-11626 ind/m²; djupa: 2422-7923 ind/m²). Med 1,0 mm såll missades 5-45 % av musslorna.

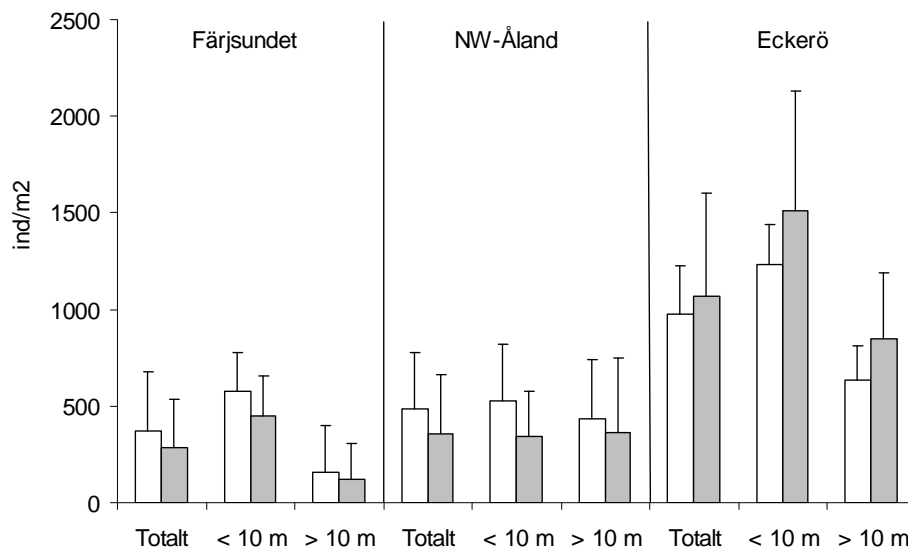


Figur 16. Exempel på *M. balthica* längdfördelning i 0,5 vs. 1,0 mm såll (Färjsundet)

Figure 16. The length distribution of *M. balthica* in 0,5 and 1,0 mm sieves (Färjsundet area).

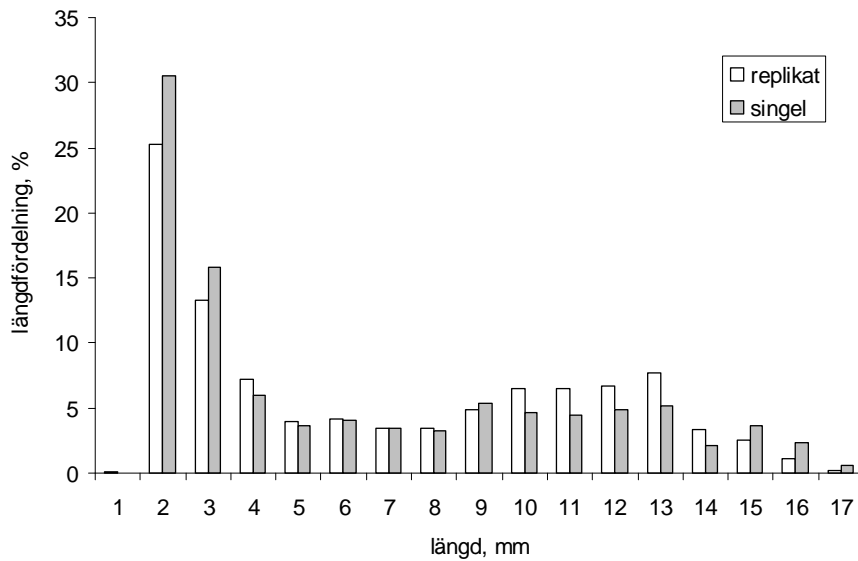
Provtagningsstrategi

Ingen signifikant skillnad fanns mellan provtagningsstrategier i antal *M. balthica* på varken grunda eller djupa områden. I Eckerö fick man flera *M. balthica* (ns) då man provtog med hjälp av singelstrategi, medan man i Färjsundet och NW-Åland fick flera *M. balthica* (ns) med replikatstrategin (Fig. 15). Ingen större skillnad kunde noteras i *M. balthica*s längdfördelning mellan de olika provtagningsstrategierna (Fig. 16).



Figur 17. Antal *Macoma balthica* i prov tagna med replikatstrategi (vita staplar) och singelstrategi (mörka staplar) totalt (båda djupen), och skilt på olika djup (< 10 m, > 10 m) i Färjsundet, NW-Åland och Eckerö.

Figure 17. Number of *M. balthica* sampled with replicate (white bars) and single (dark bars) design; Total (both depths) and in shallow (<10 m) and deep (>10 m) areas in Färjsundet, NW-Åland and Eckerö.

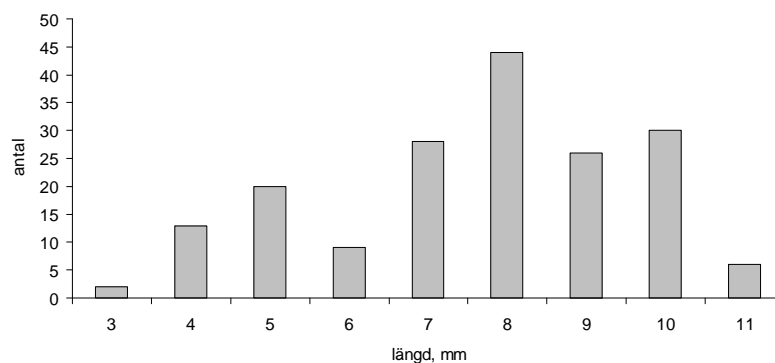


Figur 16. Exempel på *M. balthica* längdfördelning i prov tagna med singelstrategi och replikatstrategi (Eckerö).

Figure 16. The length distribution of *M. balthica* sampled with single and replicate designs (Eckerö area).

4.2.5. *Monoporeia affinis*

Monoporeia affinis hittades endast i Eckerö, förutom ett exemplar som hittades på station M18 i NW-Åland. Antal *M. affinis* påverkades varken av sållstorleken eller strategin. Totalt fanns det 179 ± 149 vs. 170 ± 146 ind/m² i 0,5 vs. 1,0 mm sållet ($p > 0,05$, paired t-test). Med replikat strategi fanns 170 ± 146 ind/m² och med singelstrategi fanns 171 ± 188 ind/m². ($p < 0,05$, unpaired t-test). Längdfördelningen hos *M. affinis* i Eckerö kan ses i figur 17.



Figur 17. Längdfördelning hos *Monoporeia affinis* i Eckerö området

Figure 17. Length distribution of *Monoporeia affinis* in Eckerö area.

5. Sammanfattning av resultaten

Sållstorleken hade en stor betydelse för bottenfaunasamhällens artantal, abundans, biomassa och BBI index på både grunda och djupa bottenar, i alla undersökta delområden. Vid användning av 1,0 mm såll förlorades många arter, bl.a. oligochaeter, små polychaeter (*Manayunkia aestuarina*) och ostracoder. Små individer av många arter gick också förlorade, och påverkade därmed abundansen och strukturen hos många populationer. Hos *M. balthica* förlorade man de minsta, 1-2 mm individerna. Genom att använda 1,0 mm sållet blev BBI-indexet något lägre, och den ekologiska statusen sjönk för många stationer.

Typ av provtagningsstrategi verkade däremot inte ha någon större betydelse på resultaten. Fem replikata hugg på en station eller de replikata huggen utspridda på ett större område gav liknande resultat. Variationen runt medeltalet (% s.d. av medeltalet) var dock högre med singelstrategi än med replikatstrategi, i synnerhet gällande abundans och biomassa. Ingen skillnad i abundans eller biomassa noterades då strategierna jämfördes. Artantalet skilde sig dock signifikant på de grunda bottenarna i både NW-Åland och Eckerö – men i övrigt kunde inga signifikanta skillnader noteras. BBI indexet varierade något beroende på strategi. Den ekologiska statusen med singelstrategi blev något överskattad i Eckerö i både grunda och djupa områden, i NW-Åland i djupa områden och i Färjsundet i djupa områden. I Färjsundets grunda områden var däremot statusen något sämre med singelstrategi än med replikatstrategi.

Resultaten från 2-vägs ANOVA analyserna visade att effekterna av sållstorlek och provtagningsstrategi på bottenfaunaresultatet ej påverkades av skärgårdstyp.

6. Diskussion

Gällande klassificering av Ålands vattenområden med hjälp av bottenfaunastudier kan man, enligt resultaten från denna studie, rekommendera användning av 1,0 mm såll. Med 1,0 mm såll kan arbetet göras snabbare och effektivare än med 0,5 mm såll – och med samma arbetsinsats kunde därmed flera områden provtas. Användning av singelstrategi kan däremot inte rekommenderas, eftersom det kan leda till en överskattning av miljötillståndet. Resultaten blev liknande i alla undersökta delområden, oberoende av exponeringsgrad eller graden av mänsklig påverkan. Replikatstrategi med 1,0 mm såll gav liknande ekologiska status åt vattenförekomsterna i Färjsundet och NW-Åland som då man använder mjukbottenvegetation i klassificeringen (SÖDERSTRÖM 2008). I Eckerö har inte vattenförekomsterna klassificerats med hjälp av mjukbottenvegetation.

I mera heltäckande bottenfaunaundersökningar borde man dock använda 0,5 mm sållet för att kunna utvärdera förändringar i samhällets artsammansättning och på populationsnivå. *Macoma balthica* längdfördelning (populationsstruktur) används allmänt som indikator för bottenens tillstånd, då det ger en bild på hur rekryteringen av *M. balthica* lyckats under åren. De minsta längdklasserna (1-2 mm) är då speciellt viktiga. I sådana studier kan 1,0 mm såll inte rekommenderas, eftersom en stor del av populationen förloras, och studier av rekryteringsframgång blir omöjlig. I eutrofieringsstudier används förutom *M. balthica*, även Chironomider och Oligochaeter som s.k. indikatorarter. Förekomsten och abundansen av Oligochaeter påverkades starkt av sållstorleken, varför 1,0 mm såll borde undvikas. *Monoporeia affinis*, som indikerar goda miljöbetingelser, påträffades endast i Eckerö, och dess antal och storleksfördelning påverkades ej av sållstorleken.

7. Källor

ANON. 1975. Veteen liuenneen hapen titrimetrinen määrittely. Finsk standard SFS 3040.

BACKLUND, C. (1993). Hydrografi, näringsämnen och klorofyll-a i tre havsvikar på fasta Åland. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 85, 34 s.

BACKLUND, C. (1994). Hydrografi, näringsämnen och klorofyll-a i Lumparns viksystem. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 88, 30 s.

BLOMQVIST, E.M. & E. BONSDORFF, 1986. Spatial and temporal variations of benthic macrofauna in a sandbottom area on Åland, northern Baltic Sea. *Ophelia*, Suppl. 4: 27-36.

BLOMQVIST, M., H. CEDERWALL, K. LEONARDSSON, R. ROSENBERG, 2006. Bedömningsgrunder för kust och hav. Bentiska evertetrater. Rapp. till Naturvårdsv., 69 s.

BONSDORFF, E. 1988. Zoobenthos and problems with monitoring; an example from the Åland area. *Kieler Meeresforsch.*, Sonderh. 6: 85-98.

BONSDORFF, E., K. AARNIO & A. LINDELL, 1990. Bottenfauna och hydrografi i den åländska skärgården 1973-1990: Mariehamn och Eckerö 1990, samt en totalanalys av den faståländska skärgården i relation till eutrofiering. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 75, 31 s.

BONSDORFF, E., K. AARNIO & E. SANDBERG, 1991. Temporal and spatial variability of zoobenthic communities in the archipelago waters of the Northern Baltic Sea – consequences of eutrofication? *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 76: 433-449.

BONSDORFF, E., E.M. BLOMQVIST, J. MATTILA, A. NORKKO, 1997a. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta*, 20: 319-329.

BONSDORFF, E., E.M. BLOMQVIST, J. MATTILA, A. NORKKO, 1997b. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the archipelago areas of the northern Baltic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 44: 63-72.

ERIKSSON, J. & E. LEPPÄKOSKI, 1983. Bottenfaunan på Ål-stationerna i den åländska skärgården. Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands landskapsstyrelse. Nr 32, 17 s.

HELMINEN, O. 1974. Bottenfaunan i den åländska skärgården I-IV. Specialarbete för bilaudatur i allmän biologi, ekologisk linje, Åbo Akademi. 94 s.

NORKKO, A., & E. BONSDORFF, 1994. Bottenfauna och hydrografi i området mellan kust och öppet hav i den åländska skärgården. . Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 91, 33 s.

NYGÅRD, H. 2007. Bottenfaunan och hydrografen i den åländska ytterskärgården sommaren 2006. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 117, 23 s.

PERUS, J., J. LILJEKVIST & E. BONSDORFF, 2001. Långtidsstudie av bottenfaunans utveckling i den åländska skärgården – en jämförelse mellan åren 1973, 1989 och 2000. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 103, 58 s.

PERUS, J., E. BONSDORFF, S. BÄCK, H-G. LAX, A. VILLNÄS & V. WESTBERG, 2007. Zoobenthos as indicators of ecological status in coastal brackish waters: A comparative study from the Baltic Sea. *Ambio* 36, 2-3: 250-256.

SANDBERG, E., K. AARNIO & E. BONSDORFF, 1989. Bottenfaunans utveckling i nordvästra Åland och Lumparn-området – en jämförelse av situationen 1972-73 och 1989. Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands landskapsstyrelse. Nr 71, 44 s.

SUOMALAINEN, S. 1989. En sammanställning av stationens recipientundersökningar i Mariehamns Västerhamn 1983-1986. Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands landskapsstyrelse. Nr 72, 19 s.

SÖDERSTRÖM, S. 2008. Test av klassificeringsmetoder för Ålands kustvatten enligt EU:s ramdirektiv för vatten – Klorofyll-a och mjukbottenvegetation. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 121, 85 s.

VILLNÄS, A. 2004. Återhämtning av vattenmiljön efter avvecklandet av fiskodlingar (Andersö och Järsö). Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 110, 33 s.

WESTERBERG, J. 1978. Benthic community structure in the Åland archipelago (N. Baltic) represented by samples of different sizes. *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 4: 53-60.

WISTBACKA, S. 1994. Bottenfaunan och fiskesamhället i Färjsundet-Lumparn området 1993. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 89, 39 s.

ÖSTMAN, M. & E.M. BLOMQVIST, 1997. Tillståndet i åländska skärgårdsvatten – en översikt av situationen under 1980- och 1990-talet, långtidsvariationer samt förslag till kvalitetsparametrar för den åländska vattenlagen. Forskn. rapp. från Husö biol. stat. No 95, 44 s.

De senaste Forskningsrapporterna från Husö biologiska station:

- No 109** 2003 SUOMALAINEN, K.: Inverkan av vägbankar på vattenmiljön – uppföljande studier (*The effects of road embankments on the water environment – a follow up study*)
- No 110** 2004 VILLNÄS, A.: Återhämtning av vattenmiljön efter avvecklandet av fiskodlingar (Andersö och Järsö). (*Recovery of the aquatic environment following the termination of fish farms [Andersö and Järsö]*)
- No 111** 2004 JÄRVINEN, M, M. BORGMÄSTARS & S. WISTBACKA: Fisksamhällets sammansättning längs en skärgårdsgradient på NW Åland. (*The structure of fish communities along an archipelago gradient in NW Åland*)
- No 112** 2005 SCHEININ, M. & S. SÖDERSTRÖM: Kartering av vattenlevande makrofytter längs två inner-ytterskärgårdsgradients på nordvästra och sydöstra Åland (*A mapping of aquatic macrophytes along two inner-outer-archipelago gradients in the North-Western and South-Eastern Åland*)
- No 113** 2005 JÄRVINEN, M.: Förekomst av adult fisk i grunda havsvikar på Åland (*A survey on adult fish in shallow bays of Åland*)
- No 114** 2005 NYGÅRD, H.: Fisksamhällets tillstånd på Kökar, SE Åland. (*The state of the fish community on Kökar, SE Åland*)
- No 115** 2006 MÄENSIVU, M.: Testning av parametrar (klorofyll-a och djuputbredning av blåstång, *Fucus vesiculosus*) för beskrivning av biologiska kvalitetsfaktorer enligt EU:s ramdirektiv för vatten [*Testing the parameters (chlorophyll-a and depth distribution of bladder wrack, Fucus vesiculosus) for describing the Biological Quality Elements according to the EU Water Framework Directive*]
- No 116** 2007 AHLBECK, I.: Kartering av fiskbestånd på Föglö, SE Åland. (*Survey of fish stocks on Föglö, SE Åland*).
- No 117** 2007 NYGÅRD, H.: Bottenfaunan och hydrografen i den åländska ytterskärgården sommaren 2006. (*The benthic fauna and hydrography in the outer archipelago zone of Åland Islands in the summer of 2006*).
- No 118** 2007 KOHONEN, T. & J. MATTILA (red.): Mesoskaliga vattenkvalitetsmodeller som stöd för beslutsfattande i skärgårdsregionerna Åboland-Åland-Stockholm, BEVIS- slutrapport. (*Mesoscale water quality models as support for decision making in the archipelagos of Turku, Åland and Stockholm, BEVIS final report*).
- No 119** 2007 PUNTILA, R.: Basinventering av potentiellt viktiga *Chara*-vikar på norra Åland. (*Fundamental research of potentially important Chara-bays in northern Åland*)
- No 120** 2007 MUSTAMÄKI, N. & I. AHLBECK: Fisk- och kräftbestånden i fem åländska sjöar sommaren 2007. Vargsundet, Markusbölefjärden, Långsjön, Östra Kyrksundet och Västra Kyrksundet. (*Fish and crayfish stocks in five lakes in the Åland Islands in the summer of 2007*)
- No 121** 2008 SÖDERSTRÖM, S.: Test av klassificeringsmetoder för Ålands kustvatten enligt EU:s ramdirektiv för vatten – Klorofyll-a och mjukbottenvegetation. (*Testing of classification methods for coastal waters at Åland Islands according to the EU Water Framework Directive – Chlorophyll-a and soft-bottom vegetation*)
- No 122** 2009 AARNIO, K.: Kvalitetsfaktorer för EU:s vattendirektiv i kustområden: bottenfauna. Jämförelse av olika sällstorlek och provtagningsdesign i beskrivandet av bottenfaunasamhällen. (*Quality elements for EU Water Framework Directive in coastal areas: zoobenthos. Comparing different sieve sizes and sampling designs in characterizing the zoobenthic assemblages*) (Detta nummer, present no.)

ISSN 0787-5460
ISBN: 978-952-12-2246-7 (pdf-version)

Åbo 2009
Uniprint